

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Хіміко-технологічний факультет

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології

До захисту допущено

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)      Н.М. Толстопалова  
(ініціали, прізвище)

“    ”      \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення»**

**спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія**

**на тему:** \_\_\_\_\_ Відділення підготовки води очищеної для фармакологічних потреб

Виконала: студент(ка) 4 курсу, групи ХН-61

\_\_\_\_\_  
Алексик Аліса Ігорівна  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник \_ доц., к.т.н Янушевська О.І. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант:

з автоматичного регулювання      ст. викл. Лукінюк М.В. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

з економіко-організаційних рішень      доц., к.т.н. Підлісна О.А. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

з охорони праці      доц., к.т.н. Полукаров Ю.О. \_\_\_\_\_  
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент: \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль:      асист.,к.н.т. Феденко Ю.М. \_\_\_\_\_  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

				ДП ХН 6101 1440 000		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Алексик А.І			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівн.	Янушевська О.І.				1	1
Консульт					КПІ ім. Ігоря Сікорського каф. ТНРВ та ЗХТ гр. ХН- 61	
Н/контр.	Феденко Ю.М.					
В.о. зав.каф.	Толстопалова Н.М.					

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет хіміко-технологічний  
(повна назва)

Кафедра технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Освітньо-професійна програма «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення»

Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

\_\_\_\_\_ Н.М. Толстопалова  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

Алексик Алісі Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Відділення підготовки води очищеної для фармакологічних потреб,  
керівник проєкту: \_ доц., к.т.н. Янушевська О.І.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «22» квітня 2020 р. №1031с

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту: Продуктивність технологічної схеми = 16  
м<sup>3</sup>/год

4. Зміст пояснювальної записки: Обґрунтування та вибір способу і технологічної схеми виробництва. Характеристика продукції, сировини, допоміжних матеріалів, енергетичних носіїв. Характеристика і обґрунтування прийнятого методу виробництва. Хімізм та теоретичні основи. Опис технологічної схеми. Витратні коефіцієнти з сировини, напівпродуктів, допоміжних матеріалів та енергетичних носіїв. Автоматичне регулювання та контроль виробництва. Економіко-організаційні розрахунки. Охорона праці. Екологічна безпечність виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: технологічна схема цеху, схема дистанційного контролю та автоматичного регулювання технологічних параметрів, креслення загального вигляду головного апарата, плакат результатів розрахунку економіко-організаційної частини.

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-6	доц., к.т.н. Янушевська О.І.		
7	ст. викл. Лукінюк М.В.		
8	доц. Підлісна О.А.		
9	доц. Полукаров Ю.О.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Вивчення та вибір способу і технологічної схеми виробництва	10 березня	
2	Характеристика вихідної сировини, продукції, допоміжних матеріалів	15 травня 20 березня	
3	Характеристика і опис прийнятого методу виробництва. Обґрунтування норм технологічних режимів, а також хімізм та теоретичні основи і	26 березня 31 березня 02 квітня 12 квітня	
4	Опис технологічної схеми виробництва	16 квітня	
5	Характеристика технологічного обладнання, яке обрано у схемі	22 квітня 29 квітня	
6	Витратні коефіцієнти з напівпродуктів, сировини, допоміжних матеріалів.	15 травня	
7	Екологічна безпека виробництва	21 травня	
8	Охорона праці	25 травня	
9	Економіко-організаційні розрахунки	31 травня	
10	Опис автоматичного контролю та регулювання виробництвом	1 червня	
11	Підготовка до захисту	11 червня	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_ А. І. Алексик  
(ініціали, прізвище)

Керівник проєкту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

О.І. Янушевська  
(ініціали, прізвище)

# **Пояснювальна записка до дипломного проєкту**

на тему: Відділення підготовки води очищеної для фармакологічних потреб

Київ – 2020 року

## РЕФЕРТ

Пояснювальна записка: 109 стр., 6 рис., 19 табл., 97 посилань

Проведено аналіз літератури за темою існуючих методів знесолення води у технології водопідготовки, на основі якого обґрунтовано вибір технологічної схеми підготовки води очищеної для фармакології. Розраховано технологічні параметри установки зворотного осмосу і складено матеріальний баланс. Обґрунтовано норми технологічних режимів, наведено технологічна схема процесу та її опис. Також наведено схему автоматичного контролю і регулювання процесом, виконані економіко-організаційні розрахунки відділення. Проведено аналіз екологічності схеми.

**ВОДА ОЧИЩЕНА, ЗВОРОТНИЙ ОСМОС, МЕМБРАННІ ТЕХНОЛОГІЇ,  
ЗНЕСОЛЕННЯ**

## РЕФЕРТ

Пояснительная записка: 109 стр., 6 рис., 19 табл., 97 ссылки.

Проведен анализ литературы по теме существующих методов обессоливания воды в технологии водоподготовки, на основе которого обоснован выбор технологической схемы подготовки воды очищенной для фармакологии. Рассчитано технологические параметры установки обратного осмоса и составлен материальный баланс. Обоснованно нормы технологических режимов, приведены технологическая схема процесса и ее описание. Также приведена схема автоматического контроля и регулирования процессом, проделано экономико-организационные расчёты. Проведен анализ экологичности схемы.

ВОДА ОЧИЩЕННАЯ, ОБРАТНЫЙ ОСМОС, МЕМБРАННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ, ОБЕССОЛИВАНИЕ.

## ABSTRACT

Explanatory note: 109 pages, 6 figures, 19 tables, 97 links

The analysis of the literature on the topic of existing methods of water desalination in water treatment technology is carried out, on the basis of which the choice of technological scheme of purified water preparation for pharmacology is substantiated. The technological parameters of reverse osmosis installation are calculated and the material balance is made. The norms of technological regimes are substantiated, the technological scheme of the process and its description are given. Also the scheme of automatic control and regulation of process is resulted, economic and organizational calculations of branch are executed. The analysis of ecological friendliness of the scheme is carried out.

WATER PURIFIED, REVERSE OSMOSIS, MEMBRANE TECHNOLOGY,  
DESALINATION



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	13
ВСТУП .....	14
1 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОДИ ОЧИЩЕНОЇ (ВО) ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА .....	15
1.1 Вода у фармакології.....	15
1.2 Виготовлення води очищеної. ....	17
1.2.1. Фільтрування.....	18
1.2.2. Електродеіонізація.....	19
1.2.3. Електродіаліз.....	20
1.2.4. Іонний обмін. ....	21
1.2.5. Мембранні технології .....	23
1.2.5.1. Ультрафільтрування.....	27
1.2.5.2. Зворотний осмос .....	28
Висновки .....	29
2ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ.....	32
2.1 Характеристика продукції (ВО) .....	32
2.2 Характеристика вихідної сировини.....	32
2.3 Характеристика мембран для модулю зворотного осмосу.....	34
2.4 Характеристика керамічної мембрани .....	35
2.5 Характеристика іонообмінної смоли .....	35
2.6 Характеристика розчинів промивки мембран.....	36
2.7 Характеристика розчину для хімічного видалення хлору .....	38

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ			
Змн.	Л	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Алексик А.І				Відділення підготовки води очищеної для фармакологічних потреб	Літ.	Арк	Акруш
Перевір.	Янушевська О.І.							
						НТУУ "КПІ імені І. Сікорського", ХТФ, гр. ХН-61		
Н.	Феденко Ю. М.							
Затвер	Толстопапова Н.М.							

2.8 Характеристика води, що поступає на установку ЗО і характеристика розчину лугу для регулювання рН .....	38
2.9 Характеристика сорбенту/іонообмінної смоли для видалення іонів феруму .....	38
2.10 Характеристика ламп ультрафіолетового опромінення .....	38
Висновок.....	39
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ .....	40
3.1 Теоретичні основи методів підготовки води.....	40
3.1.1 Термостатування вихідної води.....	40
3.1.2 Механічне фільтрування.....	40
3.1.3 Знезалізнення .....	42
3.1.3.1 Реагентні методи .....	43
3.1.3.2 Іонообмінні методи.....	43
3.1.3.3 Бохімчні методи.....	45
3.1.3.4 Каталітичні методи.....	46
3.1.4 Пом'якшення методом іонного обміну.....	47
3.1.5 Очищення води методом ультрафільтрування .....	49
3.1.6 Знесолення води методом зворотного осмос .....	49
3.1.7 Ультрафіолетове знезараження води .....	50
3.1.8 Дехлорування .....	52
3.1.9 Баки зберігання води очищеної.....	52
Висновки.....	53
4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА.....	54
5 ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ.....	57
5.1 Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу.....	57
5.2 Розрахунок витратних коефіцієнтів.....	58
5.2.1 Витратний коефіцієнт питної води.....	58

5.2.2 Витратні коефіцієнти розчинів кислоти та лугу на промивку мембран.....	59
5.2.3 Витратний коефіцієнт NaCl на регенерацію катіоніту.....	59
5.2.4 Витратний коефіцієнт води на розведення розчинів після регенерації Na-фільтрів.....	60
Висновки.....	60
6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	61
6.1. Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання.....	64
6.2 Розрахунок Na-катіонітового фільтра .....	64
6.3 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання.....	65
6.2.1 Розрахунок баку для накопичення глибокознесоленої води...	65
Висновки.....	66
7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛЮВАННЯ.....	67
7.1 Аналіз технологічного процесу отримання води очищеної.....	67
7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення .....	68
8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ .....	70
8.1 Відділення підприємства.....	70
8.1.1 Схема організаційної структури відділення.....	70
8.2 Технологічна підготовка .....	72
8.2.1 Види руху предметів праці.....	73
8.2.1.1 Послідовний ВРПП .....	74
8.2.1.2 Паралельний ВРПП.....	75
8.2.1.3 Змішаний ВРПП.....	76
8.3 Режим роботи .....	77
8.3.1. Визначення кількості одиниць обладнання та графіку роботи підприємства.....	78
8.3.2 Контроль виробництва.....	79
8.4 Матеріальна документальна та організаційно-економічна документація підприємства.....	80

8.4.1 Матеріальний баланс оборотних фондів.....	80
8.5 Калькуляція.....	82
8.6 Техніко-економічні показники.....	83
9 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	85
9.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці.....	85
9.1.1. Повітря робочої зони.....	85
9.1.2 Виробниче освітлення.....	87
9.1.3 Виробничий шум та вібрація .....	88
9.1.4 Електробезпека.....	89
9.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання.....	90
9.2 Пожежна безпека .....	91
10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....	93
10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються...	93
10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва.....	93
10.3 Розрахунок екологічних платежів за зберігання твердих відходів.....	94
ВИСНОВОК.....	96
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	98
ДОДАТОК А .....	106
ДОДАТОК Б .....	113
ДОДАТОК В .....	114

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

MWCO – molecular weight cut-off

КНТ – карбонові нанотрубки

ВО – вода височищена

ВДІ – вода для ін'єкцій

ВВСО – вода високого ступеню очищення

ЗО – зворотний осмос

МММ – матричних мембран

ТФН – тонкоплівкових нанокомпозитів

ГОСТ – (ДЕСТ) рос. Государственный стандарт

МО – міжнародна одиниця, граничний вміст ендотоксину на одиницю маси

НОК -нефелометрина одиниця каламутності

КУО колоніє утворюючі одиниці

СОЄ – статистична обмінна ємність

ДОЄ – динамічна обмінна ємність

ПОЄ – повна обмінна ємність

## ВСТУП

Сьогодні індустріалізація та урбанізація є потужними складовими економічного зростання та розвитку держав, стабільності добробуту людей. Однак, існує і низка негативних наслідків дії техногенних та антропогенних факторів, адже вони призводять до усе більш неконтрольованого викиду токсичних речовин у навколишнє середовище і, як наслідок, створює ряд екологічних проблем, таких як руйнування озонового шару, загрози глобального потепління, виникнення кислотних дощів тощо. Оскільки використання води є ключовою виробничою необхідністю у більшості галузей народного господарства, утворення стічних вод неминуче в широкому спектрі галузей промисловості [1]. За високих показників економічного розвитку, скидання стічних вод як з промислових, так і з комунальних джерел, відповідно зростає синхронними темпами. Забруднення води призвело до накопичення токсичних речовин у довкіллі, причому в більшій частині країн, що ідуть шляхом техногенного розвитку, з'являється все більше ознак забруднення і погіршення якості води. З метою відновлення ушкоджень довкілля та усунення небезпеки для людства застосовуються різні підходи до переробки промислових відходів [2 – 5]. Відомо, що у більшості країн світу дефіцит води є хронічною проблемою і не вирішення цього питання може призвести до ризику для людства стикнутись не тільки з частковим дефіцитом води, але і з її глобальною нестачею. Опріснення і повторне використання води давно визнані як можливий шлях для вирішення проблеми дефіциту чистої води.

Окремий і потужний сектор водопідготовки займає виробництво води для фармакології. Жорсткі вимоги до якості води для виготовлення ліків передбачає застосування технологій тонкого очищення води, забезпечення стерильності виробництва і контролю якості води згідно нормативних документів. Стандартні технології виготовлення води фармацевтичного призначення, останнім часом, все більше потребують вдосконалення надійності методів та обладнання у виробничому циклі.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОДИ ОЧИЩЕНОЇ (ВО) ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Вода у фармакології

Вода різного ступеню очищення широко застосовується у вітчизняній і зарубіжній медичній та фармацевтичній практиці.

Вода для фармацевтичних цілей відноситься до ключових елементів, які забезпечують безпеку виготовлення лікарських засобів. Без застосування води різного ступеню очищення не обходиться практично жодне фармацевтичне підприємство або аптека. ВО може використовуватися як сировина, допоміжний матеріал, а також як енергоносіє на різних стадіях технологічного процесу і для вирішення різних технологічних задач [5 – 12].

Залежно від якості вихідної води, її хімічного складу, можливих домішок (механічні та колоїдні частинки, мікроорганізми, бактеріальні ендотоксини тощо) в технологічній схемі отримання води для фармацевтичних цілей велике значення мають стадії попереднього очищення: фільтрування, іонний обмін, знезалізнення та ін. [13 – 16]. Існує кілька типів води, що відрізняються за вимогами до її чистоті у фармакології. Вітчизняної нормативною документацією, яка регламентує вимоги до води для фармацевтичних виробництв, є фармакопейні статті «Вода очищена», «Вода для ін'єкцій», «Вода для ін'єкцій в ампулах» і «Вода для ін'єкцій у флаконах» [17 – 22].

Вода для ін'єкцій (ВДІ) використовується для виробництва та / або виготовлення стерильних лікарських засобів, фінішного споліскування тари, обробки систем для приготування, зберігання і розподілу розчинів, що безпосередньо контактують з кінцевою продукцією (при виробництві стерильних лікарських засобів).

Вода високого ступеню очищення (ВВСО) призначена для приготування лікарських препаратів, для яких потрібна вода високої біологічної якості, крім тих випадків, коли потрібна вода для ін'єкцій. Одним із способів отримання води високого ступеню очищення є подвійний зворотний осмос у поєднанні з іншими методами, наприклад, ультрафільтруванням або іонним обміном [27, 29]

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До ВВСО пред'являються ті ж вимоги, що і до води для ін'єкцій (фізико-хімічні показники, мікробіологічна чистота, апірогенність) [30]. Поява такого нового типу води для фармацевтичних цілей було пов'язано з можливістю її використання при виготовленні різних лікарських засобів, як альтернативи воді для ін'єкцій. У фармацевтичній промисловості ВВСО часто використовується для приготування офтальмологічних препаратів, стерильних препаратів для носа / вух, препаратів для нанесення на шкіру, оскільки вважається, що вода очищена не має досить високу якість. У таких випадках раціональніше використовувати воду високого ступеня очищення, що володіє високою біологічною чистотою [27, 29].

Вода очищена (ВО) застосовуються для приготування нестерильних лікарських препаратів, використовується для санітарної обробки обладнання, а також є прекурсором для приготування води для ін'єкцій.

До способу отримання води очищеної, як і до її якості висуваються певні умови: вода повинна готуватися в спеціальному приміщенні, в якому заборонені інші види робіт. У приміщенні повинні бути створені асептичні умови («чисте приміщення»). Повітря приміщення періодично стерилізують бактерицидними ультрафіолетовими лампами.

При одержанні води для фармацевтичних цілей, питна вода піддається обов'язкової попередній обробці, оскільки містить велику кількість небажаних домішок.

Найбільш широкоживаними методами первинної підготовки води є:

- грубе фільтрування за допомогою піщаних або вугільних фільтрів для попередження колоїдної закупорки;
- хлорування води для видалення мікроорганізмів і попередження біообростання;
- підкислення, додавання інгібіторів накипу (гексаметофосфат натрію) і пом'якшення для попередження накипоутворення [11, 14, 35, 36, 37, 38]. Оскільки воду для фармацевтичних цілей отримують з води питної, джерелом якої є природна вода, важливим етапом є стадія очищення її від



присутніх домішок [33, 34]. Європейська фармакопейна стаття (8.0 изд. 2014) висуває до якості ВО такі вимоги [60]:

Таблиця 1.1 Вимоги до «Води очищеної» згідно документу Європейського агентства з лікарських засобів (European Medicines Agency).

Показник	Значення
1	2
pH	7,2 ± 0,2
Сухий залишок, %, не більше	0,001
Мікробіологічна чистота	не більше 100 мікроорганізмів в 1 мл
Загальний органічний вуглець	Не більше 0,5 мг/ дм <sup>3</sup>
Питома електропровідність, не більше	4,3 мкСм·см <sup>-1</sup> (20 °C)
Важкі метали, мг/ дм <sup>3</sup>	0,1
Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	0,2
Алюміній, мг/ дм <sup>3</sup> , не більше	0,01
Хлориди, мг/ дм <sup>3</sup>	0,25
Амонію солі, мг/дм <sup>3</sup>	0,2
Кальцій і магній. мг/ дм <sup>3</sup>	0,15...0,6
Бактеріальні ендотоксини, не більше	0,25 МО/мл,

МО – міжнародна одиниця, граничний вміст ендотоксину на одиницю маси.

Україна притримується європейського вектору розвитку, тож вимоги до якості води очищеної повністю відповідають зазначеним нормам.

## 1.2 Виготовлення води очищеної.

Вода очищена слугує для виготовлення багатьох рідких лікарських препаратів, в тому числі зовнішнього та перорального призначень, і є прекурсором для одержання води для ін'єкцій.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стандартна технологічна схема отримання води очищеної включає наступні стадії [71]:

- попереднє очищення водопровідної води;
- основний метод очищення;
- фінішний метод очищення;
- зберігання готового продукту.

На стадії попереднього очищення води застосовують вугільні фільтри або фільтри з кварцовим піском, хлорують воду для руйнування мікробної біоплівки. Завислі частинки видаляють відстоюванням води з подальшим відведенням осаду.

### 1.2.1. Фільтрування

Технологія фільтрування грає найважливішу роль в системах обробки води. У промисловості випускається широкий діапазон конструкцій фільтрувального обладнання в залежності від застосування. Ефективність затримання частинок поллютантів забезпечується у широкому діапазоні їх розміру, починаючи від грубих фільтрів (гранульований антрацит [36], кварц або пісок для великих систем, або глибинні картриджі для менших систем), і закінчуючи мембранними системами (керамічні та полімерні мембрани). Технологічні конфігурації фільтрувальних систем широко розрізняються за типами потоку, що фільтрується, і стадіями технологічного процесу, де застосовується фільтр. Гранульні або картриджні фільтри застосовуються для попереднього (грубого) очищення води. Вони видаляють тверді домішки з води, яка подається, а також захищають наступні компоненти системи від небажаних забруднень, які погіршують якість роботи обладнання та скорочує термін його експлуатації [37, 40, 41].

Фільтри з активованого вугілля адсорбують органічні матеріали з малою молекулярною масою, окиснюючі домішки, хлор і видаляють їх з води [24].

Вони використовуються для досягнення певних параметрів води (знебарвлення, поліпшення її смаку тощо) і для захисту наступних за ними одиниць обладнання з поверхнями з нержавіючої сталі, гумових деталей,

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мембран від впливу агресивних компонентів у воді [40, 44]. Слід зазначити, що з моменту видалення активного хлору вода позбавляється будь-якого бактерицидного агенту і, як правило, відбувається стрімке зростання кількості мікроорганізмів. У вугільних фільтрах є особливо сприятливі умови для розвитку мікробіологічної флори через дуже велику питому площу поверхні. Основні труднощі при роботі з фільтрами з активованого вугілля визначаються саме в їх здатності забруднюватись мікроорганізмами [45], а також виділяти бактерії, ендотоксини, найдрібніші частинки вугілля в фільтрат, утворювати гідравлічні канали. Тому є важливою організація відповідних високих швидкостей потоку води через вугільний фільтр. Основними заходами профілактики є періодична санітарна обробка гарячою водою або паром, зворотна промивка, перевірка поглинаючої спроможності активованого вугілля. Також для нормальної роботи системи важлива постійна рециркуляція води через фільтри та своєчасна заміна [28, 32, 33]. Замість фільтрів з активованого вугілля можуть бути використані альтернативні технології – хімічні добавки [11, 14, 28, 33, 44, 46].

Інші методи попередньої водопідготовки – електродіалізний, з використанням напівпроникних мембран і іонообмінної смоли (із застосуванням іонообмінного волокна целюлози та гранульованих іонітів).

### 1.2.2. Електродеіонізація.

За допомогою процесу електродеіонізації можливе видалення мінеральних речовин. Ефективність методу залежить від багатьох факторів, так як: швидкості, з якою подається потік води в систему, наявності домішок у вихідній воді, швидкості, з якою подається воді на попередні стадії водопідготовки. Вміст загального органічного вуглецю може зменшуватись на 50 – 90% залежно від складу органічних речовин у воді і стадій попереднього очищення. Розчинений карбон (IV) оксид, виводиться у вигляді розчинної речовини (бікарбонат іон).

Відсотковий вміст загальних розчинених речовин у воді зменшується більш ніж на 99%, питома електропровідність зменшується більш ніж в 15

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

разів. Ступінь видалення розчиненого кремнію (IV) оксиду становить 80 – 95% в залежності від умов і режиму роботи.

Технологія електродеіонізації має ряд переваг:

- є енергозберігаючим процесом, має досить низькі витрати на обслуговування;
- здійснюється безперервна регенерація іонообмінної смоли;
- не вимагає хімічних реагентів для регенерації [26, 28, 50, 51, 52].

Даній технології очищення води характерні майже всі недоліки, які характерні для іонного обміну. Дотримання певної температури води є обов'язковою умовою при використанні установки електродеіонізації, вона повинна бути в межах 10 – 35°C , а рівень вільного хлору, повинен не перевищує 0,1 мг /дм<sup>3</sup>. Може бути необхідним використання УФ опромінення або використання субмікронної фільтрації для подальшого зниження мікробіологічного забруднення [28, 53].

### 1.2.3. Електродіаліз.

При використанні електродіалізу втрати води становлять не більше 5%, рівень розчинних солей знижується на 40 – 50%. Витрати на електроенергію складають 1,1 кВт на 1000 дм<sup>3</sup> води. Не потрібно додавання хімічних речовин для підтримки нормальної і тривалої роботи обладнання.

Однак цей метод менш ефективний у порівнянні з електродеіонізацією, оскільки в ньому не беруть участь іонообмінні смоли, що поліпшують процес видалення іонів. Крім того, апарати електродіалізу для підтримки ефективної якості роботи вимагають періодичної зміни полярності і промивання. Даний метод може бути запропонований як попередній етап перед стадією іонного обміну для зниження частоти регенерації смол або як етап підготовки води до дистиляції [28, 32, 33, 34].

Залежно від основного методу, що використовується для водопідготовки, фінішне очищення може включати в себе стадії іонного обміну або ультрафільтрування. Багатокомплексні системи очищення води включають в себе одну або кілька стадій доочищення.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Іонний обмін заснований на використанні іонітів – сітчастих полімерів різного ступеню зшивання, мікропористої або гелевої структури, ковалентно пов'язаних з іоногенними групами. При дисоціації цих груп у воді або в розчинах виникає іонна пара – фіксований на полімері іон і рухливий протіоіон, який обмінюється на іони одного і того ж заряду (аніони або ж катіони) з розчину [47, 48, 49].

#### 1.2.4. Іонний обмін.

Процес іонного обміну здійснюється шляхом дифузії іонів розчиненого електроліту до поверхні іоніту, подальшої дифузії іонів розчиненого електроліту всередину іоніту, витіснення рухомого іона іоніту зі сфери впливу катіонного (аніонного) комплексу іоніту і дифузії витісненого рухомого іона з фази іоніту в розчин [6, 9].

Існує два типи іонообмінних апаратів:

- зі змішаним шаром;
- з роздільним шаром катіоніту і аніоніту.

Апарати першого типу складаються з однієї колонки, заповненої сумішшю іонообмінних смол (катіонітом та аніонітом). Вода подається в колонки знизу вгору. Апарати, які відносяться до другого типу складаються з двох послідовно розташованих колонок, перша – по ходу оброблюваної води заповнена катіонітом, а друга – аніонітом. [33, 34, 47].

Двоступеневі іонообмінники можуть бути сконструйовані таким чином, щоб можна було щодня проводити регенерацію. Іонообмінні фільтри зі змішаним шаром, які складаються з катіоніту і аніоніту, дозволяють значно збільшити число елементарних актів масообміну і очищення води у цьому випадку більш ефективно. Такі системи можуть експлуатуватися без регенерації протягом декількох тижнів, що в свою чергу може мати наслідком мікробіологічне забруднення установки. У зв'язку з цим конструкція іонообмінної установки повинна забезпечити постійний і безперервний потік води через колонку [15, 34, 47].

Однак смоли мають ряд суттєвих недоліків, що суттєво ускладнюють їх використання:

- більшість іонообмінних смол має низьку гідрофільність, а це в свою чергу спричиняє малу швидкість дифузії іонів всередину гранул смоли та низьку швидкість десорбції та адсорбції;

- іонообмінні смоли на практиці застосовуються у вигляді гранул, в результаті чого відбувається злежування в колонці під час процесу іонного обміну, таким чином викликає необхідність проведення примусового розпушування, що призводить до поступового механічного руйнування гранул в процесі експлуатації;

- іонообмінні смоли потребують частоті регенерації для відновлення обмінної здатності [15, 33, 34, 36, 37, 42, 43, 47, 48].

Регенерація іонообмінних смол проводиться розчинами HCl (для H<sup>+</sup>-форми) і NaOH (для OH<sup>-</sup>-форми). Регенерація проводиться зверху вниз, тобто за протитечійною схемою. На якість регенерації впливає тип іонообмінної смоли, вибір регенеруючого розчину, склад насиченого шару іонів, температура, швидкість, тип і концентрація регенеруючого розчину, час його контакту з іонами [8, 14, 28, 32, 34, 36].

Іонообмінна технологія є класичним методом знесолення води, а також є економічним методом отримання води для фармацевтичних цілей. Дана технологія дозволяє одержувати воду з дуже низьким показником питомої електропровідності. Однак при тривалому використанні іонообмінників може спонтанно виникнути проблема зростання мікроорганізмів на поверхні смоли і тому потрібно періодична регенерація і дезінфекція після вичерпання обмінної ємності використовуваних смол [45].

Для зниження мікробного забруднення пропонується використання УФ-лампи, постійна рециркуляція води в петлі розподілу, зведення до мінімуму або виключення перерв в роботі обладнання [33, 41, 42, 43, 47].

Для оцінювання ефективності роботи, а також безпеки іонообмінної установки необхідний постійний фізико-хімічний і мікробіологічний контроль,

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моніторинг провідності (як правило, в потоці). Також можуть стати джерелом забруднення мікроорганізмами і регенеровані колонки зі смолою ( якщо вони регенеруються після демонтажу обладнання) і тому повинні бути об'єктом ретельного моніторингу [28, 46].

Вода, що пройшла очищення методом іоноого обміну не може бути використана для приготування парентеральних лікарських засобів. Адже не дивлячись на всі позитивні сторони, метод іонного обміну не може давати мікробіологічно чисту воду.

### 1.2.5. Мембранні технології

Мембрани та інші мікро-, ультра- і нанопористі матеріали розглядаються як перспективні технологічні засоби для вирішення глобальної проблеми браку чистої води. Відомі різні системи для очищення води, такі як традиційні системи зворотного осмосу, мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування та інші [61]. Поза сумнівом, полімерні мембрани в даний час не мають аналогів в процесах опріснення і очищення стічних вод завдяки їх хорошій міцності та відмінній стабільності протягом довгого часу. Сьогодні галузевий ринок знесолення води, заснований на використанні полімерних мембран для очищення води вражає своїми розмірами. Недоліки використання полімерних мембран для очищення води такі як: забруднення мембрани, утворення накипу, викликали необхідність в поліпшенні властивостей полімерних мембран шляхом різних стратегій модифікувань. Одним з найбільш сучасних досягнень в цій області є розробка змішаних матричних мембран (МММ) і тонкоплівкових нанокомпозитів (ТФН) [62]. Матеріал, що поєднує в собі унікальні властивості як полімерної матриці, так і неорганічних фільтрів, з'явився перспективним вирішенням багатьох проблем водоочищення.

Тоді як розвиток полімерних мембран йде стійкими темпами, неорганічні мембрани з винятковими хімічними і фізичними властивостями також викликають зростаючий інтерес. У широкому сенсі, неорганічні мембрани складаються з керамічних мембран і мембран на основі вуглецю. Оксиди, такі як глинозем ( $Al_2O_3$ ), кремнезем ( $SiO_2$ ), титану (IV) оксид ( $TiO_2$ ) або суміші цих

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компонентів є одними з найбільш поширених комерційних матеріалів для керамічних мембран [63].

Очищення води з використанням неорганічних мембран є привабливою альтернативою для деяких складних процесів очищення води, коли звичайні полімерні мембрани або непридатні, або неефективні через ряд причин.

Наприклад, такі забруднення як стічні води, що містять радіоактивні речовини та висококонцентровані органічні речовини, олія та мастила [64]. Неорганічні мембрани також є ефективними при очищенні солонуватої води, попередній обробці морської води та знесоленні за високих температур [65].

Керамічні мембрани мають чудові властивості в порівнянні з полімерними мембранами. Вони є більш довговічні за хімічними, фізичними, мікробіологічними, термічними ознаками, що забезпечує їм більш тривалий термін експлуатації. Головним недоліком мембран є їх крихкість, до якої слід відноситись з обережністю. Ще одним недоліком їх використання може бути висока вартість мембран, але вона виправдовується більш тривалим терміном служби. Керамічні мембрани можуть бути виготовлені з типових оксидів металів (глинозему ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), кремнезему ( $\text{SiO}_2$ ) та цирконію (IV) оксиду ( $\text{ZrO}_2$ ), титану (IV) оксиду ( $\text{TiO}_2$ ), алюмосилікатного цеоліту. Зазвичай, керамічні мембрани на основі пористих матеріалів характеризуються багат шаровою асиметричною структурою, яка складається з більш товстого опорного шару з відносно великими порами ( $\sim 0,5$  мкм) для забезпечення механічної цілісності мембранних систем, проміжного шару для зменшення розмір пор до мезопористих розмірів (2–5 нм) та значно тонший верхній шар з малими та селективними порами ( $<1$  нм) для селективного розділення сумішей/розчинів, який відповідає, головним чином, за розділення компонентів, присутніх в рідині. Золь-гель метод є універсальним інструментом для підготовки такої індивідуальної керамічної структури фільтрування з більш дрібними порами [66,67]. Залежно від типу фільтрування (мікрофільтрування, ультрафільтрування, нанофільтрування), спрямованого на розділення компонентів, застосовують різні прекурсори і умови проведення процесу

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



синтезу. Застосування термічної обробки для отримання стабільної мікроструктури кераміки також є важливими етапом, що визначає кінцеві властивості верхнього шару.

Золь-гель метод у виготовленні композитних мембран є широкоживаним і передбачає утворення дрібнодисперсних частинок (від 1 нм до 0,1 мм) у рідкому середовищі (золь) з подальшою їх консолідацією і агломерацією при втраті вологи (утворення тримірною гелю), з подальшим нанесенням на опорну поверхню і термообробкою. Саме частинки золю (їх розмір і розподіл) зумовлюють майбутню мікро-, ультра- і нано- структури мембранного шару після прожарювання. Цей метод дозволяє отримувати однорідні структури нанесених покриттів, як вихідні матеріали для золь-гель синтезу використовують металоорганічні сполуки, алкоксиди ( $\text{Me(OR)}_n$ , де Me – Zr, Ti, Al, Si тощо, R – алкільна група), солі металів.

Іншими словами, на пористість та розмір пор активного мембранного шару безпосередньо впливає розподіл частинок за їх розміром. Наявність більш дрібних частинок у золі може сприяти формуванню більш тонкої мікропористої структури в мембранному шарі. Регулювання швидкості реакцій гідролізу та конденсації дозволяє контролювати розмір часток у золі. Додавання такої речовини як ацетилацетон, може бути використано для запобігання конденсації або утворення великих частинок в золі. Також розмір твердих частинок регулюють за допомогою різних співвідношень кислотного каталізатора (нітратної кислоти). Збільшення кількості кислотного каталізатора, що змінює відносні швидкості реакцій гідролізу та конденсації, призводить до утворення менших частинок у золі.

Для того щоб мати більший середній розмір частинок, золь піддають процесу старіння. Старіння – це витримання золю при температурі, рівній або вище кімнатної температури, що призводить до збільшення середнього розміру частинок золю. Швидкість росту частинок золю 0,8 нм на годину спостерігалася для золю цирконію, в результаті чого через 48 годин при кімнатній температурі приріст розміру частинок збільшиться в 10 раз, який

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може бути використаний для утворення проміжного шару [60].

Цеолітові мембрани є перспективними і володіють деякими винятковими властивостями, які не можуть бути досягнуті звичайними полімерними мембранами, а саме: термічна і хімічна стійкість, можливість змінювати розмір пор і низька схильність до біообростання [68]. Цеолітові мембрани спочатку застосовували для розділення газу та розділення суміші етанол / вода методом первапорації [69]. Пізніше обчислювальне моделювання, яке передбачало 100% відхилення солі при проходженні через ідеальний монокристал цеоліту, висвітило потенціал цеолітових мембран для знесолення [68,69,71,72]. Оскільки цеолітова мембрана може бути більш надійним варіантом знесолення, заснованого на її хімічній стійкості, її потенційно можна використовувати, щоб уникнути вартісної обробки, необхідної звичайним полімерним мембранам.

Слід зазначити і недолік цеолітових мембран, що є полікристалічною структурою, яка містить міжкристалічні пори нанорозміру. Таким чином, під час проходження розчину через пори, взаємодія між цеолітом та іонами в розчині може призвести до потрапляння деяких іонів у цеолітні пори та адсорбції на їх поверхні. Це, в свою чергу, може змінити модель розподілу молекул і зменшити проникність мембрани. Крім того, при сорбції іонів на зовнішній та мікропористих міжкристалічних поверхнях керамічного матеріалу утворюються подвійні шари частинок, що перекриваються і мають тенденцію до накопичення та згодом перешкоджають транспортуванню розчину.

Мембрани з карбонових нанотрубок (КНТ) визнані інноваційною технологією, яка дозволила б вирішити поточні проблеми з дефіцитом та забрудненням води. Як один із членів сімейства фулеренів, КНТ – структурно складаються з циліндричних графітових листів, які згорнуті в безшовну трубку з діаметром порядку нанометра. Властивості нанотрубок значною мірою пов'язані з їх атомним розташуванням (хіральністю), морфологією (утворенням дефектів), а також діаметром і довжиною нанотрубок [73–75]. Перевагами використання мембран з вуглецевих нанотрубок в процесі очищення води є їх антимікробна активність, надшвидкий водний потік у порівнянні з іншими

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пористими матеріалами співрозмірними за діаметром пор, хімічна стійкість за низьких температур, а також механічна міцність для практичних процесів розділення, що керуються тиском.

Так, для відділення, наприклад, мікроорганізмів, емульсій, суспензій, бактерій використовують мікрофільтрування, для чого використовують мембрани з діаметром пор від 10 мкм до 0,05 мкм (показник затримання молекул та іонів з відрізком молекулярної маси, так званим – molecular weight cut-off (MWCO) (від 10 кДа до 300 кДа), а перепад тисків може бути рівним 0,2 – 2 бар. Для подолання забруднення більш дрібними поліюантами, такими як білки, віруси залучають ультрафільтрування, діаметр пор мембран у такому разі зменшується від 0,05 мкм до 1 нм (від 1 кДа до 8 кДа), а перепад тиску збільшується до 3 – 5 бар. Для вилучення молекул глюкози, пестицидів застосовується нанофільтрування, при якому розміри пор мембрани зменшуються до 1 – 2 нм (MWCO менш ніж 1 кДа, що приводить до збільшення необхідного тиску до 5 – 20 бар. Зворотний осмос працює на затримання іонів неорганічних та органічних сполук під тиском, що перевищує осмотичний (20 – 80 бар).

#### 1.2.5.1. Ультрафільтрування

Значно знижується вміст мікробних та макромолекулярних забруднювачів і таких, як бактеріальні ендотоксини саме завдяки фільтрувальній здатності мембрани. Ця технологія може виявитися придатною як для проміжної або заключної стадії процесу очищення. Подібно зворотному осмосу, ефективна робота ультрафільтрувальної установки залежить від попередньої водопідготовки.

Основні труднощі, пов'язані з ультрафільтруванням, полягають в сумісності матеріалу мембран і санітарних агентів, замулюванні мембран частинками і мікроорганізмами, порушенні цілісності мембран, затриманні забруднюючих речовин в картриджі і порушення цілісності прокладок ущільнювачів. Для вирішення цих задач потрібно вірно обрати конструкцію, що дозволяє здійснювати промивку поверхні мембран і регулярну заміну

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

картриджів, а також агенти санітарної обробки. При використанні паралельної або послідовної їх конфігурації особливо важливо уникати застою води, яке могло б сприяти росту бактерій в резервних пристроях та баках накопичення.

Певною мірою можна уникнути цих недоліків, якщо використовувати ультрафільтрувальні керамічні мембрани, яким притаманні антибактеріальні властивості і висока міцність. Обслуговування керамічних мембран є більш простим і менш вартісним.

Для контролю ефективності роботи ультрафільтрувальної установки необхідний постійний моніторинг температури води, що подається, вмісту загального органічного вуглецю, перепаду тисків, проведення випробувань на цілісність фільтрів, мікробіологічний контроль [26, 32, 33, 55, 60].

#### **1.2.5.2. Зворотний осмос**

Зворотний осмос забезпечує найтонший рівень фільтрування. Зворотноосмотична мембрана діє, як бар'єр для всіх розчинних солей, органічних молекул з молекулярною масою понад 100 Да, неорганічних молекул, а також для мікроорганізмів і органічних речовин. У середньому вміст органічних речовин після стадії зворотного осмосу знижується до 5%, вміст розчинених речовин 1 – 9%, колоїдні частинки, мікроорганізми, пірогени відсутні. Вода, що очищується зворотним осмосом, містить мінімальну кількість загального органічного вуглецю [11, 37, 40, 55].

Зворотноосмотичні мембрани, що використовуються у фармацевтичній промисловості виготовляються з ацетату целюлози, поліаміду (ароматичних і аліфатичних), а також у вигляді композитних мембран, де активний шар може бути виконаний з поліамідів, поліефірів, полісульфону [32, 34, 55].

Серед переваг зворотного осмосу слід зазначити простоту, низькі енергетичні витрати і невисокі витрати на сервіс і технічний догляд. Система досить легко піддається промиванню, завдяки використанню зворотного промивання і мембранної релаксації. Для хімічного промивання використовують гіпохлорит натрію або лужні реагенти (для позбавлення від

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

органічного забруднення) та цитратна кислота для (для видалення неорганічних речовин) [14, 40, 53, 56, 57]. Але, все ж таки, після тривалої обробки санітарної обробки і обов'язкового відмивання полімерні мембрани втрачають свої характеристики і потребують заміни.

Для отримання води для фармацевтичних цілей останнім часом застосовують двоступеневу систему зворотного осмосу. Спочатку вода надходить на перший ступінь зворотного осмосу. Утворений при цьому концентрат скидається. Перміат подається на другий ступінь зворотного осмосу і ще раз піддається очищенню. Так як концентрат після другого ступеню зворотного осмосу містить менше солі, ніж у воді, що поступає на зворотноосмотичну установку, його можна змішати з поданою водою і тим самим повернути в систему [34, 40, 41, 52].

У цього методу є ряд недоліків. Зворотний осмос має низьку здатність до видалення розчинених органічних речовин з дуже малою молекулярною масою.

Через високий вміст вуглекислого газу у воді зворотний осмос не дозволяє значно знизити питому електропровідність, на відмінно від іонного обміну, наприклад діоксид вуглецю зазвичай вільно оминає зворотноосмотичні мембрани і потрапляє в перміат в тих же кількостях, що й у вихідній воді. Щоб уникнути цього, рекомендується використовувати аніонообмінні смоли перед зворотноосмотичним модулем [37, 52, 53].

Зворотноосмотичні мембрани нестійкі до впливу високих температур. Саме тому необхідно охолодити воду, якщо вона надходить на установку нагрітою.

Зворотноосмотичні мембрани можуть накопичувати бруд. Тому їх слід експлуатувати в перехресному потоці, тобто уздовж поверхні мембрани завжди повинен йти потік, який відносить відокремлений матеріал, в зв'язку з чим, поряд з фільтратом (перміатом), утворюється концентрат. Як правило, в такій системі передбачається цикл зворотного фільтрування, при якому потік фільтрату рухається назад наскрізь через мембрани, щоб відокремити матеріал, що відклався і який виводиться разом з концентратом [14, 33, 53].

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Погіршити роботу системи зворотного осмосу також здатні домішки сполук заліза. При високому вмісті заліза в питній воді, необхідно проводити осадження заліза з подальшим фільтруванням [15].

Хімічне очищення мембран є достатньо легкою процедурою, вона полягає в забезпеченні рециркуляції розчину кислоти, лужного розчину з миючим засобом, дезинфікуючого розчину (що містить в залежності від мембрани активний хлор, формалін або бісульфіт натрію) [33].

Одним з недоліків зворотного осмосу є досить високі вимоги до води, яка подається на установку, чим викликає необхідність використання ретельної попередньої обробки.

Мінеральні відкладення неорганічних солей можна змити за допомогою кислих реагентів. Органічні і колоїдні домішки, а також мікробіологічні обростання вимиваються лужними розчинами.

Контроль систем зворотного осмосу здійснюється випробуванням цілісності мембран. Обов'язковий контроль рівня мікробної контамінації і змісту загального органічного вуглецю [45, 46, 59]. Необхідний моніторинг перепаду тисків, питомої електропровідності, обсягу одержуваного концентрату [28, 33].

## Висновки

Враховуючи вище сказане, було обрано схему для отримання води очищеної. Основним апаратом було обрано двоступеневу зворотноосмотичну установку. Однак, враховуючи те, що до води, яка подається на установку зворотного осмосу висуваються досить високі вимоги, тому воду піддають попередньому очищенню. Перш за все вихідна вода направляється на механічний фільтр, де затримуються частинки до 10 мкм. Не менш важливим є позбавлення води від іонів заліза, магнію, кальцію, мангану та амонію, саме тому в схему введено фільтри з іонообмінними смолами, у тому числі і стадія пом'якшення води, з використанням двоступеневого Na-катіонітового фільтру. Аби забезпечити довготриваліший термін експлуатації зворотноосмотичних

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мембран і для зниження навантаження на головний апарат, обрано встановлення волокнистого фільтру, а також керамічної мембрани, для зниження бактеріального забруднення і затримання частинок до 5 мкм та до 0,05 мкм відповідно.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						31
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИРОБЛЕНОЇ ПРОДУКЦІЇ, ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ, ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

### 2.1 Характеристика продукції (ВО)

Вода очищена використовується у фармакології, а саме для приготування лікарських засобів, однак крім тих, які мають бути стерильними і апірогенними. Вода високого ступеню очищення є прикурсором для виготовлення води для ін'єкцій, яка отримується при подальшій дистиляції ВО.

Вимоги до якості води фармацевтичного призначення регламентується постановою «Якість води для застосування у фармації» [85].

Вода очищена використовується для виготовлення препаратів для орального застосування, наскірних препаратів, розчинів для розпилення, назальних/вушних препаратів. Також для очищення або промивання обладнання, контейнерів та закупорювальних засобів.

Вимоги щодо води очищеної наведено у таблиці 1.1.

### 2.2 Характеристика вихідної сировини

Для виробництва води очищеної використовують питну воду. Нормативні показники якості питної води повинні відповідати нормам ДСТУ та ДСанПін [86], таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Органолептичні показники якості питної води ДСТУ 7525:2014 [87]

№	Показники	Одиниці виміру	ДСанПін 2.2.4-171-10 Не більше
1	Запах при 20 °С та 60 °С	Бали	2
2	Смак та присмак	Бали	2
3	Кольоровість	Градуси	20
4	Каламутність	нефелометрина одиниця каламутності (1НОК=0,58 мг/дм3)	1,0

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 2.1

5	Водневий показник	Одиниці рН	6,5 – 8,5
6	Марганець	мг/дм <sup>3</sup>	0,05
7	Залізо загальне	мг/дм <sup>3</sup>	1,0
8	Загальна твердість	ммоль/ дм <sup>3</sup>	7
9	Натрій	мг/дм <sup>3</sup>	200
10	Хлориди	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 350
11	Цинк	мкг/дм <sup>3</sup>	≤ 1000
12	Амоній	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 2,6
13	Нітрити	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 3,3
14	Нітрати (по NO <sub>3</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	≤ 50,0
15	Загальне мікробне число при t= 37 °С	КУО/см <sup>3</sup>	100
16	Загальні коліформи	КУО/100см <sup>3</sup>	Відсутні
17	E. coli	КУО/100см <sup>3</sup>	Відсутні

\*КУО – колоніє утворюючі одиниці.

Мікробіологічні та токсикологічні показники для питної води наведено у таблицях 2.2, 2.3 відповідно.

Таблиця 2.2 – Мікробіологічні показники питної води, що регламентуються

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Число бактерій в 1 см <sup>3</sup> води, що досліджується	Колонії утворюючі одиниці КУО/см <sup>3</sup>	100
Число термостабільних кишкових паличок	Колонії утворюючі одиниці (мікроорганізми)/100 см <sup>3</sup> КУО/100 см <sup>3</sup>	Відсутність
Число бактерій групи кишкових паличок (коліформних мікроорганізмів) в 1 см <sup>3</sup> (індекс БГКП)	КУО/см <sup>3</sup>	3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ

Арк.

33

Число мікроорганізмів	патогенних	Колонії утворюючі одиниці (мікроорганізми)/дм <sup>3</sup> КУО/дм <sup>3</sup>	Відсутність
--------------------------	------------	---	-------------

\*КУО – колоніє утворюючі одиниці.

Таблиця 2.3 – Токсикологічні показники питної води, що регламентуються

Показник	Одиниця виміру	Норматив, не більше
Неорганічні компоненти:		
Алюміній	мг/дм <sup>3</sup>	0,2
Фтор	мг/дм <sup>3</sup>	1,5
Миш'як	мг/дм <sup>3</sup>	0,01
Нітрати	мг/дм <sup>3</sup>	50
Барій	мг/дм <sup>3</sup>	0,1
Свинець	мг/дм <sup>3</sup>	0,01
Селен	мг/дм <sup>3</sup>	0,01
Органічні компоненти:		
Чотирехлористий вуглець	мг/дм <sup>3</sup>	0,002
Трихлорвуглець	мг/дм <sup>3</sup>	0,01
Пестициди (сумарна кількість)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0005
Інтегральні показники:		
Окиснюваність перманганатна	мгО/дм <sup>3</sup>	5
Загальний органічний вуглець	мгС/дм <sup>3</sup>	8

### 2.3 Характеристика мембран для модулю зворотного осмосу

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Dow™ FILMTEC™ XLE-440 компанії Ecosoft – це поліамідний тонкоплівковий композитний високопродуктивний зворотноосматичний елемент.

У таблиці 2.4 наведено основні характеристики обраної мембрани.

Таблиця 2.4 – Характеристика мембрани FILMTEC™ XLE-440 компанії Ecosoft:

Параметр	Розмірність	Значення
Продуктивність по перміату	м <sup>3</sup> /добу	52
Активна площа поверхні	м <sup>2</sup>	41
Робочий тиск	МПа	4,1
Селективність	%	99,7
Робоча температура	°C	25

## 2.4 Характеристика керамічної мембрани

У схемі використовується керамічна мембрана типу CRM3019-500nm, компанії BTS ENGINEERING, основним матеріалом якої є Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Основними перевагами даної мембрани є висока продуктивність та її відмінна стійкість до впливу сильних кислот, лугів, окиснювальних і органічних розчинників. Також мембрана є простою в експлуатації, з низькими витратами на технічне обслуговування, є стійкою до зношування, корозії та деформації [91].

## 2.5 Характеристика іонообмінної смоли

Як іонообмінну смолу було обрано монодисперсну сильнокислотну катіонообмінну смолу гелевого типу, розроблена корпорацією DOW Chemical (США) – DOWEX MARATHON C.

Матеріал є фізично, хімічно і термічно стабільним. Перевагою цієї смоли є її висока продуктивність та довговічна і ефективна робота протягом не менше 5 років.

Характеристики смоли наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики смоли DOWEX MARATHON C [88].

Тип	Характеристика
Структура	Гелева
Іонна форма	Na <sup>+</sup>
Загальна обмінна ємність	2.0 г-екв/л (мин.)
Насипна густина	820 г/дм <sup>3</sup>
Інтервал рН	0 – 14
Регенерант	NaCl
Концентрація регенеранту	8 – 12%
Максимальна температура при експлуатації	120°C

Основні переваги обраної іонообмінної смоли:

- висока якість очищеної води завдяки однорідності гранул, що поліпшує властивості матеріалу;
- невелика кількість розчину для регенерації та невеликі об'єми стічних вод;
- монодисперсні гранули проявляють гарні кінетичні властивості, збільшуючи фільтроцикл.

В запропонованій схемі також використовується іонообмінна смола DOWEX SBR-P(CI), яка є сильноосновна аніонообмінна смола гелевого типу. Таку смолу використовують демінералізації води, видалення з неї нітратів та тяжких металів. Характеристика смоли наведена в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Характеристики смоли DOWEX SBR-P(CI)

Тип	Характеристика
Структура	Гелева
Іонна форма	Cl <sup>-</sup>
Загальна обмінна ємність	1,3 г-екв/л (мин.)

Насипна густина	690 г/дм <sup>3</sup>
Регенерант	NaCl
Концентрація регенеранту	8 – 12%
Інтервал рН	0 – 14
Максимальна температура при експлуатації	100°C

## 2.6 Характеристика розчинів промивки мембран

Враховуючи дуже маленькі розміри пор мембран, найефективнішим методом очищення мембран від нагромадження шламу і повернення їх початкової пропускної здатності є хімічне промивання мембран. Зважаючи на особливості полімерних мембран, а саме їх високу чутливість до агресивних середовищ та концентрацій, промивка мембран зворотного осмосу відбувається 0,1%-им розчином гідроксиду натрію (ГОСТ 4328-77) та 2%-им розчином цитратної кислоти (ГОСТ 908-79).

Для регенерації ж керамічної мембрани обрано 1% суспензію частинок глинозему та 0,5% розчин нітратної кислоти [92].

Розчини готуються в окремих баках-збірниках, звідки подаються на мембрани.

Аби запобігти обростанню мембран в систему вводиться атискалант компанії ECOSOFT – ECOTEC RO 3010, який є потужним інгібітором карбонатних та сульфатних відкладень та зменшує загальне забруднення системи за рахунок впливу на неорганічні кристалоутворення. За рахунок чого позитивно впливає на економічність системи, так як знижує частоту хімічних промивок.

## 2.7 Характеристика розчину для хімічного видалення хлору

Хімічне видалення хлору з води здійснюється в результаті дозування 5%-го розчину тіосульфату натрію.

Тіосульфат натрію – це неорганічна сполука, натрієва сіль тіосульфатної кислоти складу  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Завдяки своїй низькій токсичності, тіосульфат використовують, як антидотом при отруєннях ціанідами, сполуками срібла.

## 2.8 Характеристика води, що поступає на установку ЗО і характеристика розчину лугу для регулювання рН

Вода, яка потрапляє на стадію ЗО повинна бути попередньо пом'якшена, та відповідати таким вимогам:

- не більше 0,56 мг/ дм<sup>3</sup> зважених речовин;
- температура води, що подається – 4 – 30 °С;
- вільного хлору менше 0,1 мг/ дм<sup>3</sup>;
- окиснюваність – менше 4 мгО<sub>2</sub>/ дм<sup>3</sup>;
- залізо – до 0,1 мг/ дм<sup>3</sup>;
- манган – до 0,05 мг/ дм<sup>3</sup>;
- твердість – до 3 мг-екв/ дм<sup>3</sup>.

Потрібне значення рН досягається завдяки введенню 30%-го розчину гідроксиду натрію. Гідроксид натрію – це білі, непрозорі та дуже гігроскопічні кристали, як добре розчиняються у воді та проявляють сильні лужні властивості.

## 2.9 Характеристика сорбенту/іонообмінної смоли для видалення іонів феруму

Загрузка, яка я основою в фільтрі знезалізнення – Birm, це ефективний і економічний спосіб очищення води від розчинних сполук заліза і марганцю.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики загрузки фільтра марки Birm [89]:

Показник	Значення
Насипна маса	0,64-0,72 кг/дм <sup>3</sup>
Розмір гранул	0,48 мм
рН	6,8 – 9
Регенеруючий розчин	-

Вода, яка поступає на фільтр знезалізнення не повинна містити нафтопродукти і сірководень, вміст органічних речовин не повинен перевищувати 4 – 5 мг/л, вміст розчиненого кисню – не менше 15% від вмісту заліза, а значення  $pH \leq 6,8$ . При  $pH < 6,8$ , необхідно провести нейтралізацію.

## 2.10 Характеристика ламп ультрафіолетового опромінення

Ультрафіолетовий знезаражувач води компанії Ecosoft типу E-360 являє собою металевий корпус, виготовлений із нержавіючої сталі марки AISI 304, всередині якого розміщена ультрафіолетова лампа в спеціальному кварцовому рукаві.

Перевагами даного типу ламп є те, що вони володіють високою дозою УФ-опромінення ( $30 \text{ мДж/см}^2$ ), яка є достатньою для дезактивації широкого спектра мікроорганізмів. Не менш важливим є те, що це фізичний метод знезаражування, тому не вимагає застосування додаткових реагентів і не утворює стоки.

Технічні характеристики УФ-ламп наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7– Основні характеристики ультрафіолетової лампи Ecosoft E-360 [90]:

Показник	Розмірність	Значення
Розміри корпусу	мм	555
Швидкість потоку	м <sup>3</sup> /год	1,36
Потужність	Вт	21
Ресурс лампи	год	9 000
Робоча температура	°C	+4 – +30

## Висновки

Таким чином, в даному розділі визначено характеристики продукції та вхідної сировини, а також всіх допоміжних матеріалів, таких як регенераційні розчини для мембран та фільтрів. Обрано іонообмінні смоли, реагенти для знезалізнення та регулювання pH. Надана характеристика води, яка може подаватись на стадію зворотного осмосу.

### **3 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИЙНЯТОГО МЕТОДУ ВИРОБНИЦТВА. ОБГРУНТУВАННЯ НОРМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ**

#### **3.1 Теоретичні основи методів підготовки води**

##### **3.1.1 Термостатування вихідної води**

Термостатування води та підтримання певної температури є важливою стадією в процесі водопідготовки, адже температура впливає на якість очищення води та термін експлуатації обладнання. За низьких температур пропускна спроможність мембрани істотно знижується. Вода високої температури може руйнувати іонообмінні смоли. Саме тому на одній із початкових стадій виробництва води очищеної встановлюють кожухотрубний теплообмінник Bitzer K033NB-4, аби забезпечити оптимальну температуру води для всіх стадій водопідготовки (25°C), яка підтримується на всій обраній схемі.

##### **3.1.2 Механічне фільтрування**

Фільтрування – це хімічна, фізична, біологічна операція, яка розділяє неоднорідні системи із дисперсною твердою фазою і вільно пропускають дисперсійне середовище, за допомогою пористих перегородок, що затримують тверді дисперсні частинки. Розрізняють фільтрування газових і рідких неоднорідних систем у залежності від властивостей дисперсійного середовища.

Ефективність фільтрування рідких неоднорідних систем характеризується повнотою відокремлення осаду від рідини, а також швидкістю стікання фільтрату, на що впливають такі фактори: співвідношення між розмірами частинок осаду та розмірами пор фільтру, площа фільтрувальної поверхні, властивості частинок осаду, різниця тисків на вході і виході фільтра, в'язкість рідкої фази. На в'язкість рідкої фази, в свою чергу, впливає концентрація розчиненої речовини та температура.

Фільтрувальні тканини, широко застосовуються для очищення рідин/суспензій, мають різноманітні властивості, які залежать від будови тканини, що визначається, в свою чергу, структурою і діаметром ниток, характером їх переплетення, щільністю і товщиною тканини. Нитки, що йдуть

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



на виготовлення фільтрувальних тканин, можуть складатися з коротких волокон, що скручуються в нитки безперервної довжини, і з моноволокон – одиничних ниток безперервної довжини, що мають порівняно великий діаметр. Штапельні волокна (специфічне волокно певної і стандартизованої довжини: особливістю штапельного волокна є довжина штапеля, що представляє середню довжину групи волокон певного складу) можуть бути натуральними і синтетичними, а моноволокна в переважній більшості є екструдованими нитками штучного походження – поліефірними, віскозними, скляними тощо. З натуральних волокон моноструктурою володіє тільки шовк.

Керамічні матеріали виготовляють спіканням зернистих мінеральних часток (так званого наповнювача) з додаванням сполучної речовини або без неї. Іноді до складу суміші вводять спеціальні добавки, що збільшують пористість речовини. Властивості керамічної фільтрувального матеріалу, в першу чергу, його хімічна, механічна, термічна стійкість, залежать від властивостей наповнювача і зв'язуючої речовини.

Полімерні фільтрувальні матеріали являють собою пористі пластмаси, які одержуються включенням газоутворюючих або водорозчинних компонентів, після розкладання або видалення (вимивання) яких матеріал набуває пористої структури. Пінопластові матеріали, які одержуються з використанням газоутворюючих речовин, виготовляють на основі полівінілхлориду, поліуретану, поліетилену, поліпропілену та інших полімерів. Ці фільтрувальні матеріали досить економічні, так як вихідна сировина для їх виробництва має порівняно невисоку вартість, а спосіб виготовлення не вимагає великих трудовитрат і складного обладнання. Недоліком пінопластових матеріалів є нерівномірність їх пористої структури, так як в процесі спінювання важко забезпечити стабільний розмір пор.

Матеріали, які одержуються з використанням водорозчинних компонентів (головним чином, солей різних металів), мають більш рівномірну структуру, так як їх пористість і розмір пор залежать від кількості і гранулометричного складу допоміжної речовини.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виготовлення фільтрувальних матеріалів застосовують також різні речовини неорганічного походження, а саме: з мінеральної сировини (кварцу, шамоту, хроміту, фаянсу, скла) або з металів та їх сплавів (стали, нікелю, міді, титану, хрому, бронзи, монелю).

Металеві сітки використовують для очищення рідин від забруднень. Існують різні техніки плетіння таких сіток, наприклад залежно від розташування дротів качка і основи розрізняють сітки з простим (полотняним) і саржевим переплетеннями. Перевагами металевих сіток при використанні їх в якості фільтрувального елементу є те, що вони володіють механічною міцністю, що дозволяє проводити багаторазові регенерації відмивання та стерилізації в будь-якому напрямку. Значною перевагою є можливість фільтрування агресивних середовищ за високих температур (до 95 °C), причому фільтрувальні елементи мають здатність витримувати багаторазову хімічну регенерацію в широкому діапазоні рН. Також такі фільтрувальні елементи володіють високими показниками швидкості та ресурсу при низькому гідравлічному опорі. Металеві сітки мають довготривалий термін служби завдяки здатності відновлювати свої експлуатаційні властивості.

Для обраної схеми пропонується використовувати механічний фільтр грубого очищення води ІСМА 1 1/4" №751 з фільтруючим елементом (сітки) – нержавіюча сталь AISI 304, який є самопромивний, тобто при відкритті кульового крана відбувається фаза промивання, коли великий потік води направляється до зливу, і сітка промивається від забруднень [83]. А також рукавний фільтр компанії IFAB, фільтруючою тканиною якого є синтетичне волокно. Дані фільтри часто використовують для доочищення води після іонообіммних, вугільних фільтрів.

### 3.1.3 Знезалізнєння

Знезалізнєння води – це процес при якому для покращення якості води з неї вилучаються сполуки заліза.

Якщо у воді присутня тільки тривалентне залізо у вигляді суспензії, то

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

достатньо простого відстоювання або механічного фільтрування на фільтрах з розмірами пор менше 5 мкм.

### 3.1.3.1 Реагентні методи

Реагентний метод знезалізнєння води широко розповсюджений у водопідготовці. Він є добре вивченим, а також має великий спектр застосування реагентів.

Реагентні методи ґрунтуються на введенні у вихідну воду певного реагенту, завдяки якому відбувається перехід розчинного двовалентного феруму (II) у його нерозчинну тривалентну (III) форму. Існує два методи при яких можливий цей перехід – підвищуючи рН води вище 8 або введенням окиснювачу, а також використати в комплексі і те, й інше. Перший метод зазвичай використовується комплексній водопідготовці, а не як самостійний тільки для знезалізнєння: пом'якшенні, знезалізнєнні, деманганації (видаленні мангану) або якщо ферум й манган присутні у складних комплексних органічних сполуках. Після переходу феруму в нерозчинну форму його сполуки затримуються в товщі фільтрувального завантаження, а очищена вода надходить споживачу [81]. Як самостійний метод, тобто тільки для знезалізнєння, найширшого поширення здобув метод окиснення розчинного феруму.

Найбільш дешевим і безпечним із всіх окиснювачів є атмосферний кисень, який подається у воду різними способами в складі повітря. Найпоширеніші методи подачі повітря є вакуумно-ежекційний (використання різних конструкцій ежекторів для підсмоктування повітря в потік води) спрощена аерація, , компресування повітря – напірна аерація. При цьому відбувається реакція [81]:



### 3.1.3.2 Іонообмінні методи

Знезалізнєння методом катіонування застосовують для одночасного пом'якшення води та знезалізнєння. Також використовується в тих випадках,

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли не застосовується збагачення води киснем при надходженні її на катіонітні фільтри, і низькому рН (6,2 і менше). Катіонітні фільтри із завнтаженим шаром катіоніту товщиною 1,5 – 2,5 м, він є основним обладнання при знезалізненні. Щоб уникнути збагачення води залізом, дренажна система повинна бути виконана з корозійно стійкого матеріалу або нержавіючої сталі, а корпус фільтрів повинен бути покритий антикорозійною сполукою. Катіонітовий фільтр здатний затримувати тільки залізо в іонній формі, в ході чого відбувається заміщення іонів феруму на іони натрію [81].

При знезалізненні іонообмінним методом наявність розчиненого кисню у вихідній воді є небажаною, так як  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , який випадає на іонообмінних матеріалах, робить процес видалення розчиненого заліза складнішим. [81].

Іоніти мають проміжну, макропористу та гелеву структуру. Макропористі іоніти здатні до іонного обміну як у набряклому, так й у ненабряклому стані, адже мають добре розвинуту поверхню через наявність пор [81]. В порівнянні з гелевими іонітми. макропористі іоніти мають меншу обмінну ємність, але мають більшу хімічну, термічну стійкість та осмотичну стабільність. Аніоніти являють собою матеріали, які здатні до обміну аніонів, а катіоніти – матеріалами, що обмінюють катіони [81].

Зазвичай, іоніти представлені в змішано-сольових формах (натрій-воднева, гідроксильно-хлоридна) або сольових (натрієва, хлоридна. Більше того, при випуску вони уже є практично повністю в робочій формі. Області використання іонітів широка, їх використовуються в фармацевтичній, медичній промисловості, харчовій і для глибокого очищення конденсату на атомних електростанціях [81].

Найважливішим показником іонообмінних смол є зволоженість, адже в силу гідрофільності функціональних груп іонообмінних смол волога, що втримується в смолі, є «хімічно зв'язаною» [81]. Якщо видалити вологу, це

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призведе до фізичного руйнування гранул при наступному використанні смоли [81]. Для кожної іонообмінної смоли визначається та постійно корегується насипна маса вологого продукту, заснована на відношенні його ваги до об'єму ( $\text{кг/м}^3$ ) [81].

Наступною важливою характеристикою іонообмінних смол є іонообмінна ємність – вагова, об'ємна й робоча. В лабораторних умовах визначаються за стандартними методиками вагова й об'ємна ємності та вказуються в паспортних даних на готову продукцію. Однак робоча іонообмінна ємність не може вимірюватись в лабораторних умовах, так як вона залежить від конкретних характеристик оброблюваних розчинів та від геометричних розмірів шару смоли [81].

### 3.1.3.3 Біохімічні методи

Метод полягає у висіванні й нарощуванні на зернах завантаження фільтра залізо-манганспоживчих бактерій типу *Metallogenium personatum*, *Caulococcus manganifer*, *Bacteria manganicus*, які поглинають манган та ферум в процесі життєдіяльності, а при відмиранні, утворюють на зернах носія пористу масу, яка складається з достатньо значеної кількості оксидів мангану, які можуть працювати як додатковий каталізатор для окиснення двохвалентного заліза та двохвалентного мангану [81].

### 3.1.3.4 Каталітичні методи

Метод заснований на каталітичному окисненні феруму (II) до феруму (III) на поверхні фільтрувального завантаження. Як каталізатор процесу часто виступає діоксид мангану, що наноситься на поверхню зерен фільтрувального завантаження (піску, природного цеоліту, штучних алюмосилікатів) на зразок «Birm» або модифікованого глауконіту, що одержав в іноземній класифікації назву «GreenSand» – який, має відносно високий вміст діоксиду мангану, завдяки чому має не тільки каталітичні, але й окисно-відновні властивості.

Регенерація окиснювальної здатності фільтрувального завантаження за рахунок реагентної обробки окиснювачем – найчастіше, перманганатом калію – потрібна для того, щоб відновити каталітичні властивості таких завантажень.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ

Умови та області застосування «Вігм» (без подачі атмосферного повітря):

- концентрація розчиненого у воді кисню не менш 13 % від концентрації заліза;
- рН = 8,0–9,0;
- неприпустимий контакт із хлором і сірководнем, а також з поверхнями чорних металів труб і корпусів фільтрів.

Умови та області застосування «GreenSand»:

- широкий діапазон рН вихідної води;
- регулярна регенерація перманганатом калію;
- видалення мангану та феруму.

Для технології, що пропонується у дипломній роботі, обрано знезалізнення іонообмінним методом за допомогою смоли Вігм, яка діє як каталізатор, прискорюючи реакцію окислення двовалентного феруму до тривалентного стану розчиненим у воді киснем. При подальшому гідролізі утворюється нерозчинний осад гідроксиду феруму (ІІІ), який видаляється з води фільтруванням. А видалення осаду з відфільтрованого завантаження відбувається при розпушуванні. Вігм не є витратним матеріалом і, тому, має велику економічну перевагу перед іншими методами знезалізнення. Його характеристика та особливості наведені в розділі 2.

### 3.1.4 Пом'якшення методом іонного обміну

Іонний обмін є одним з основних методів очищення води від іонних забруднень, глибокого її знесолення. Наявність різноманітних іонообмінних матеріалів дозволяє вирішувати завдання очищення вод різного хімічного складу з високою ефективністю. Це єдиний метод, що дає можливість вибірково, селективно вилучати з розчину компоненти, наприклад, солі жорсткості, важкі метали [81].

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Іоніти поділяють на два типи: катіоніти і аніоніти.

Аніоніти поділяються на:

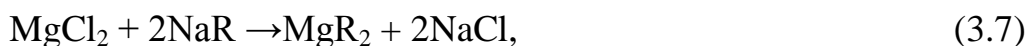
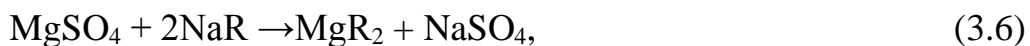
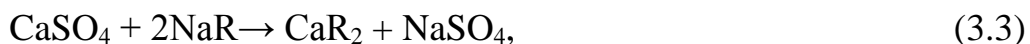
- слабоосновні – ті, що здатні до обміну аніонів з розчинів кислот при рН від 1 до 6, проміжної й змішаної активності.
- сильноосновні – ті, що здатні до обміну аніонів будь-якого ступеня дисоціації в розчинах при будь-яких значеннях рН;

Катіоніти поділяються на:

- слабокислотні – вони здатні до обміну катіонів у лужних середовищах при рН>7.
- сильнокислотні – ті, що обмінюють катіони в розчинах при будь-яких значеннях рН;

Здатність до іонного обміну мають багато природних речовин: глини, апатити, вугілля, а також синтетичних речовин – плавлені цеоліти, молекулярні сита, гідроксиди феруму і алюмінію, смоли. Тільки з появою іонообмінних смол іонообмінні процеси знайшли широке промислове застосування.

Пом'якшення  $\text{Na}^+$ -катіонуванням. Основними рівняннями натрій-катіонування для кальцієвих і магнієвих солей жорсткості є [93]:



де R – поліаніон катіоніта. У рівнянні R представлений однозарядним лише формально, для спрощення запису. Фактично поліаніон катіоніта має потенційне число зарядів, яка дорівнює кількості його функціональних груп.

У процесі натрій-катіонування загальний солевміст води залишаючись еквівалентним вихідному, тобто не зменшується, а у вагових одиницях навіть може збільшуватись, але якісний склад солей абсолютно змінюється тому, що катіони жорсткості ( $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ) затримуються на катіоніті.

Статичною (СОЄ) та динамічною (ДОЄ) обмінною ємністю характеризують іонообмінну здатність іонітів [93].

Статистична обмінна ємність – це кількість функціональних груп, що припадають на одиницю об'єму або маси іоніту [93].

Динамічна обмінна ємність – це та частина статичної обмінної ємності, яка використовується під час фільтрування розчину через шар іоніту до проскакування у фільтрат іонів, які вилучаються [93].

Повна обмінна ємність (ПОЄ) – це показник, який вказує, що завантажені іоніти більше не поглинають іонів з розчину [93].

У схемі виготовлення води очищеної використовується Na-катіонітовий фільтр ФИПа І -1,0-0,6-NaУ4, продуктивність якого дорівнює 24 м<sup>3</sup>/год. Даний фільтр здатний працювати за температури до 40 °С та значенням тиску до 0,7 МПа. Характеристика іонообмінної смоли представлена в розділі 2.

Також у запропонованій схемі використовується фільтр з аніонітним завантаженням, в якості якого було обрано іонообмінну смолу DOWEX SBR-P(CI), характеристика якої наведена в розділі 2.

### **3.1.5 Очищення води методом ультрафільтрування**

Для розділення систем, в яких молекулярна маса розчиненої речовини в рази більша за молекулярну масу розчинника застосовується ультрафільтрування, рушійною силою якого є різниця тисків з обох боків мембрани.

У запропонованій схемі було обрано керамічну мембрану типу CRM3019-500nm, діаметр пор якої дорівнює 500 нм, переваги такого типу мембран представлені в розділі 2.

### **3.1.6 Знесолення води методом зворотного осмосу**

Знесолення води методом зворотного осмосу полягає в тому, що вихідну воду, яка пройшла попереднє очищення, під високим тиском подають на напівпроникну мембрану, яка ділить потік на два розчина з різними

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



концентраціями. Молекули очищеної води під дією високого тиску проходячи через мембрани утворюється перміат, а молекули солі та інших забруднень затримуються, концентрат відводиться до каналізації.

Метод справді є дуже ефективним саме тому його широко застосовують у водопідготовці, однак він має ряд недоліків, одним з яких є фоулінг, тобто процес обростання мембран біоплівкою. Відкладення кеку на поверхні мембран пов'язано з перенасиченням концентрату малорозчинних сполук в примембранному шарі. Існує три механізми запобігання росту кристалів малорозчинних солей – механізм комплексоутворення, механізм порогового ефекту, механізм деформації кристалів [82].

Видалення наростання за рахунок комплексоутворення типовий для комплексонів – органічних речовин, що утворюють розчинні у воді сполуки з катіонами. Кальцій з'єднуючись з комплексонами переводиться у розчинну форму і, таким чином, не відкладається на мембрані.

Суть порогового ефекту полягає в тому, що при введенні у воду інгібіторів, утворюється їх стійкі комплекси з іонами кальцію, які адсорбуються на поверхні зародка кристалу, а іон кальцію займає на поверхні кристалу положення, близьке до положення «нормального» іона. У результаті чого над поверхнею кристалу розташовуються молекули інгібітору, що і перешкоджає подальшому росту кристалу, а сам зародок будучи не стійким руйнується та розчиняється [82].

Процес деформації кристалів полягає в тому, що внаслідок адсорбції молекули інгібітору поверхнею кристалу, який вже виріс до відносно великих розмірів, процес росту кристалів змінюється [82]. У ході цих змін відбувається спотворення росту кристалу і накопичення надлишкової енергії, яка витрачається на процес деформації кристалічної решітки, зрештою, кристали руйнуються з утворенням великої кількості дрібних осколків.

Отже, в схемі було обрано зворотноосматична установка з мембранними елементами фірми Ecosoft FILMTEC™ XLE-440, Dow Chemical, USA. Даний тип мембран з високою активною площею в поєднанні з низьким робочим

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тиском мембрани дозволяє видаляти високий відсоток солей, нітратів, заліза та органічних сполук, таких як пестициди, гербіциди при низькому робочому тиску. Переваги та характеристика мембран Ecosoft FILMTEC™ NF90-4000 представлені в розділі 2.

### 3.1.7 Ультрафіолетове знезараження води

Одним з найбільш практичних методів для очищення від вірусів, бактерій. Патогенних мікроорганізмів є ультрафіолетове знезараження води. Для цього метода основним елементом слугує бактерицидна камера, в якій встановлені лампи в кварцових чохлах, що захищають корпус. Переваги ультрафіолетового знезараження [80]:

1. Він є одним з найефективніших методів знезараження (якість метода може досягати 99,9%).
2. Даний метод не змінює хімічних властивостей води, що очищається, а також не вимагає реагентів.
3. Технологія повністю безпечна та екологічна для людини. Принцип очищення базується на фотохімічних реакціях всередині мікроорганізмів [80].
4. Знезаражені стічні води не мають негативного впливу на водойми або ґрунтові води, в них немає токсичних сполук або мутагенних [80].
5. УФ-опромінення повністю знищує більшість бактерій, спор та інших мікроорганізмів, включаючи збудників тифу, дизентерії, холери, вірусного гепатиту, поліомієліту,, тощо.
6. Нема таких наслідків від перевищення дозування опромінення, як передозування реагентів.
7. УФ-установки недорогі й доступні. Утримання таких приладів, а також використання їх не потребують додаткових ресурсів, адже для них не потрібно докуповувати витратні матеріали або додаткові комплектуючі.

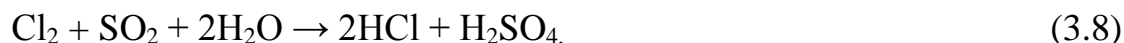
Для знезараження води в схему встановлюється УФ лампи фірми VastoSfera OBB 15P лампа OZONE FREE (OF).

### 3.1.8 Дехлорування

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дехлорування води – це процес видалення з води надлишку вільного хлору (до нормативних параметрів). Для його здійснення використовуються хімічні методи (відновлення хлору в хлориди будь-яким відновником) та фізичні методи (сорбція хлору активним вугіллям або видалення хлору аерацією).

Зазвичай для хімічного методу дехлорування в воду вводять сірчистий газ  $\text{SO}_2$ , а також сульфїт, бісульфїт або тіосульфат натрію:

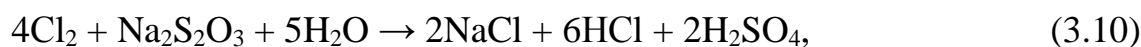


Природна лужність води нейтралізує сульфатну і хлоридну кислоти, що утворюються в результаті реакції.

Якщо ввести у воду сульфїт натрію замість сірчастого газу, то відбувається утворення сульфату натрію і хлоридної кислоти:



У результаті дехлорування води тіосульфатом натрію утворюються сульфатна і хлоридна кислоти, хлорид натрія:



У обраній схемі видалення хлору з води відбувається в трубопроводі, 5%-вим розчином тіосульфату натрію.

### 3.1.9 Баки зберігання води очищеної

Вода, що пройшла очищення на підприємстві і надходить в ємність для зберігання, повинна відповідати певним вимогам. Основним завданням при проектуванні і в ході експлуатації системи зберігання і розподілу води є запобігання відхилення її якісних показників від допустимих граничних значень. Зокрема, система зберігання і розподілу повинна забезпечувати захист води від забруднення іонами і органічними молекулами, яке може привести до збільшення відповідно електропровідності води і підвищення в ній рівня загального органічного вуглецю. Система також повинна перешкоджати проникненню в воду частинок домішок і мікроорганізмів з метою запобігання росту мікробів або зведення його до мінімуму. Часто, для попередження

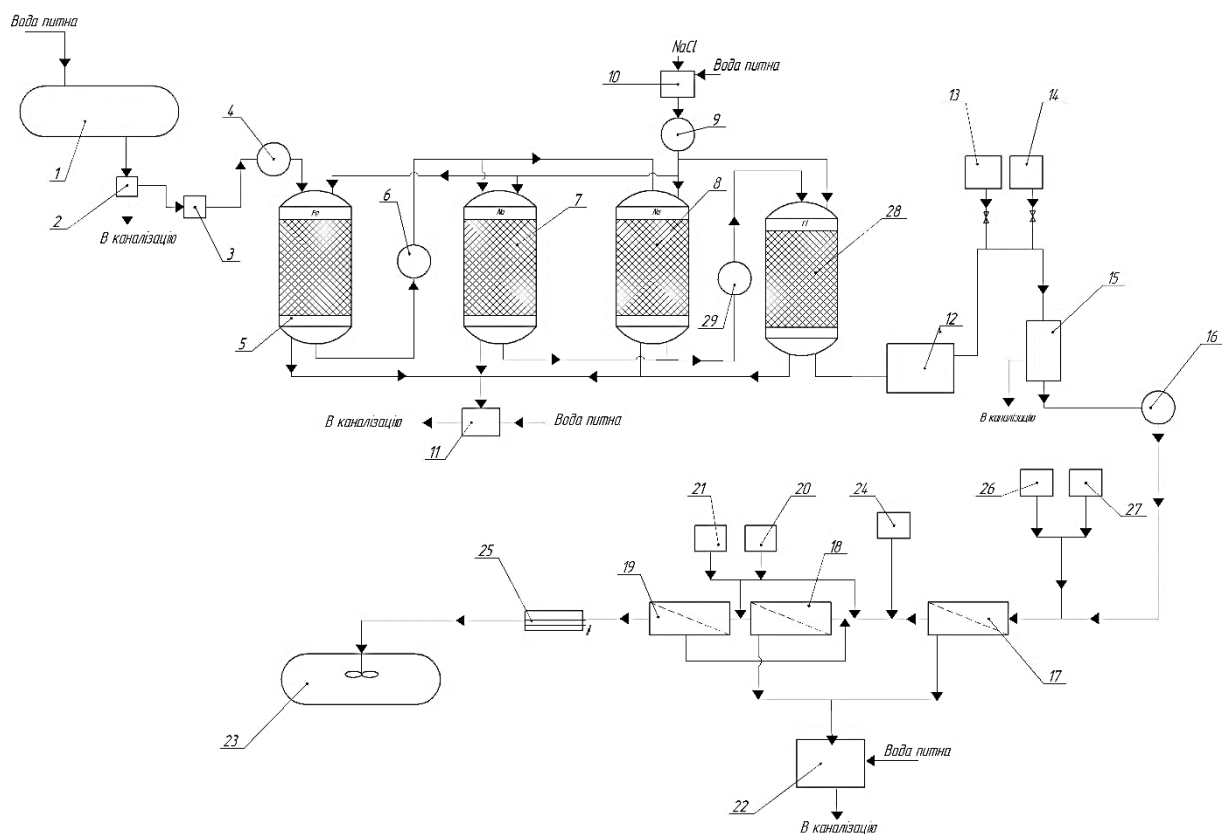
біооростання баки для зберігання готової продукції (води очищеної) забезпечуються постійним перемішуванням. У запропонованій схемі використовується бак-накопичувач з мішалкою з нержавіючої сталі [94].

### **Висновки**

Таким чином, в розділі було охарактеризовано стадії, які повинна пройти вода аби в кінцевому результаті вона відповідала стандартам води очищеної. Також розглянуто заходи, які забезпечують довговічність обладнання. Обрано обладнання та реагенти, які використовуються у запропонованій схемі та надано опис їх особливостей.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА



1 – бак-накопичувач питної води; 2 – механічний фільтр; 3 – теплообмінник; 4,6,9,16,29 – насоси; 5 – фільтр знезалізнення; 7,8 – двоступеневих Na-катіонітні фільтри; 10 – ємність регенераційного 8%-го р-ну NaCl; 11 - бак для накопичення концентрату та промивних вод після поз. 5,7,8; 12 - баку-накопичення пом'якшеної води; 13 – ємність з 5%-им розчином  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; 14 – ємність з розчином NaOH; 15 – рукавний фільтр; 17 – керамічна мембрана; 18,19 – двоступенева установка зворотного осмосу; 25 – ультрафіолетові лампи; 24 – ємність з розчином антискаланту; 20,21 – ємності з 0,1%-го р-ом гідроксиду натрія та 2%-го р-ну цитратної кислоти; 22 – бак для збирання концентрату після 18,19; 23 – бак води очищеної; 28 – аніонітний фільтр; 26 – бак з розчином нітратної кислоти; 27 – бак з суспензією оксида кремнію.

Рисунок 4.1 Технологічна схема підготовки та очищення води  
глибокознесоленої

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ

Арк.

53

Питна вода подається у бак-накопичувач 1, звідки надходить до механічного фільтру грубого очищення 2, який сприяє очищенню вихідної води від завислих часточок до 10 мкм. Враховуючи те, що температура води у холодну пору року сягає 15 °С, по трубопроводу вода подається на теплообмінник 3, де вона нагрівається до 25 °С, аби запобігти негативний вплив на подальший процес водопідготовки. Після чого насосом 4 вода надходить на фільтр знезалізнення 5, де вона очищується від багатьох іонів, а саме іонів феруму, мангану, магнію, кальцію та амонію. Потім вода потрапляє на стадію пом'якшення, на якій концентрація іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  знижується до 0,1 – 0,2 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Пом'якшення води відбувається на двоступеневих Na-катіонітних фільтрів 7 і 8, куди вода подається насосом 6. Після чого насосом 29 вод потрапляє на аніонітний фільтр 28. Процеси регенерації фільтру знезалізнення, Na-катіонітових та аніонітнових фільтрів відбувається за допомогою 8%-го розчину NaCl, який подається насосом 9 з ємності 10, а концентрат та промивні води зливаються в бак 11, куди також подається питна вода, тим самим досягається концентрація, допустима для зливу в каналізацію. Пом'якшена вода потрапляє до баку-накопичення 12. Звідки подається по трубопроводу, де відбувається видалення хлору до допустимого нормами значення електропровідності води – 250 мВ, видалення хлору відбувається розчином 5%-го розчину гіпосульфиту натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ), який дозується з баку 13. У трубопроводі також відбувається регулювання значень рН до 8 – 9, 30%-вим розчином гідроксиду натрію (бак 14). Після цього вода проходячи через волокнистий фільтр 15, позбавляється від дрібних часточок (до 5 мкм). Після підготовки таким чином води, насосом 16 вода подається на керамічну мембрану 17, де видаляються часточки до 0,05 мкм. Регенерація керамічних мембран відбувається розчином нітратної кислоти (бак 26), а також суспензією оксиду кремнію ( бак 27 ). Також з баку 24 подається розчин антискалantu, який запобігає відкладенню солей на поверхні мембран 30. Після проходження всіх стадії попереднього очищення води, вона потрапляє на двоступеневу установку зворотного осмосу з рециклом 18, 19.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регенерація мембран 30 відбувається 0,1%-го розчином гідроксиду натрію та 2%-го розчину цитратної кислоти (баки 21, 20), мембранні елементи дуже чутливі до агресивних середовищ і за високих концентрацій забруднювачів мембранні елементи можуть бути пошкоджені, саме тому обрані регенеруючі речовини невисокої концентрації. Концентрат, який утворився після зворотноосмотичної установки та стадії ультрафільтрації на керамічній мембрані направляється в бак 22, де розбавляється питною водою та відводиться в каналізацію, а перміат направляється на ультрафіолетове знезараження лампами 25, на цій стадії у воді повністю знешкоджуються всі мікроорганізми. Після чого вода потрапляє до баку з мішалкою для накопичування води очищеної 23.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 ВИТРАТНІ КОЕФІЦІЄНТИ З СИРОВИНИ, НАПІВПРОДУКТІВ, ДОПОМІЖНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕНЕРГОНОСІЇВ

### 5.1 Розрахунок матеріального балансу установки зворотного осмосу

Нижче наведено вихідні дані для розрахунку:

Загальний солевміст вхідної води,  $x_0 = 400 \text{ мг/дм}^3$ .

Продуктивність за очищеною водою,  $L_K = 16 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Витрати концентрату після 1 ступеня  $W$  (20% від  $L_{\text{вх}}$ )  $= 4 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Витрата концентрату після 2 ступеня  $W_2$  (5% від  $L_{\text{вх}}$ )  $= 0,8 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Солевміст концентрату після 1 ступені ЗО  $x_w = 1836 \text{ мг/дм}^3$ .

Солевміст перміату після 1 ступені ЗО,  $x_{k1} = 39 \text{ мг/дм}^3$ .

Солевміст концентрату після 2 ступені ЗО,  $x_{w2} = 779,8 \text{ мг/дм}^3$ .

Вихід перміату  $\alpha = 75 \%$ .

Селективність мембран:  $\varphi = 99 \%$ .

Вимоги до якості вихідної води після другого ступеню зворотного осмосу: електропровідність  $4,3 \text{ мкСм} \cdot \text{см}^{-1}$  ( $x_K = 1,96 \text{ мг/дм}^3$ ).

Забезпечення підвищення ступеня очистки води у даній схемі досягається за рахунок того, що перміат, отриманий з другого ступеня зворотного осмосу, повертається на першу ступінь.

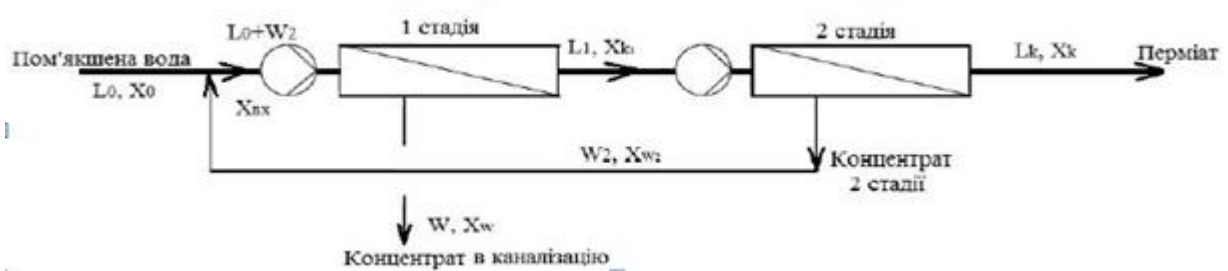


Рисунок 3.1 – Схема двоступеневого зворотного осмосу з рециклом концентрату.

Складемо систему рівнянь:

$$L_{\text{вх}} \cdot X_{\text{вх}} = W \cdot X_w + L_1 \cdot X_{k1} \quad (5.1)$$

$$L_{\text{вх}} \cdot X_{\text{вх}} = W \cdot X_w + L_k \cdot X_k + W_2 \cdot X_{w2} \quad (5.2)$$

$$L_{\text{вх}} \cdot X_{\text{вх}} = L_0 \cdot X_0 + W_2 \cdot X_{w2} \quad (5.3)$$

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Звідси знаходимо:

$$L_{\text{вх}} \cdot X_{\text{вх}} = 16000 \text{ дм}^3 \cdot 1,96 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} + 4000 \text{ дм}^3 \cdot 1836 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} + 800 \text{ дм}^3 \cdot 779,8 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3} \\ = 7\,999\,200 \text{ мг/год}$$

Тоді з рівняння 5.3 випливає:

$$L_0 \cdot X_0 = L_{\text{вх}} \cdot X_{\text{вх}} - W_2 \cdot X_{w2} = 7\,375\,360 \text{ мг/год} \quad (5.4)$$

$$\text{Тоді } L_0 = \frac{7375360}{400} = 18\,438,4 \text{ дм}^3 = 18,4384 \text{ м}^3$$

Після проведення розрахунків складається матеріальний баланс процесу очищення води за допомогою двоступеневої зворотноосмотичної установці. Дані заносяться в таблицю.

Таблиця 5.1 – Матеріальний баланс по солевмісту

Прихід			Витрата		
Точка	г/год	%	Точка	г/год	%
Живильна вода	7999,2	100	Перміат	31,360	0,39
			Концентрат після 2 ст. ЗО	623,840	7,798
			Концентрат після 1 ст. ЗО	7344	91,8
Всього:	7999,2	100	Всього:	7999,2	100

## 5.2 Розрахунок витратних коефіцієнтів

### 5.2.1 Витратний коефіцієнт питної води

Скільки витрачається питної води на 1 м<sup>3</sup> очищеної води визначається згідно формул:

$$\beta_{\text{в.п.1}} = \frac{L_0}{L_K}, \quad (5.10)$$

$$\text{Тоді: } \beta_{\text{в.п.1}} = \frac{18,4384 \cdot 24}{16 \cdot 24} = 1,1524 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Визначається витратний коефіцієнт питної води на промивку механічних фільтрів:

$$\beta_{\text{в.п.2}} = \frac{n \cdot L_{\text{пр}} \cdot \tau \cdot N}{L_K}, \quad (5.11)$$

де  $L_{\text{пр}}$  – витрата води, яка потрібна на промивку одного фільтру,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$n$  – це та кількість промивок, яка необхідна на добу;

$N$  – кількість механічних промивок;

$\tau$  – час промивки фільтру, год.

$$\text{Тоді: } \beta_{\text{в.п.2}} = \frac{1 \cdot 250 \cdot 0,1 \cdot 2}{16 \cdot 24} = 0,13 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Витратний коефіцієнт питної води для розведення концентрату після 1 ступеню зворотного осмосу для скидання у каналізацію знаходиться за формулою:

$$\beta_{\text{в.п.3}} = \frac{x_w \cdot W - x_{\text{норм}} \cdot W}{x_{\text{норм}} - x_0} \cdot \frac{1}{L_K}, \quad (5.12)$$

де  $x_{\text{норм}}$  – солевміст води, яку дозволено скидати у каналізацію,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

$$\text{Тоді: } \beta_{\text{в.п.3}} = \frac{1836 \cdot 384 - 1000 \cdot 384}{1000 - 400} \cdot \frac{1}{384} = 1,39 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Розраховується витратний коефіцієнт питної води для розведення стоків після хімічної промивки мембран:

$$\beta_{\text{в.п.4}} = \frac{V_{\text{розв}}}{T_{\text{пром}} \cdot L_K}, \quad (5.13)$$

де  $V_{\text{розв}}$  – той об'єм питної води, яка подається на розведення,  $\text{м}^3$ ;

$T_{\text{пром}}$  – це час роботи мембранних модулів, доба.

$$\text{Тоді: } \beta_{\text{в.п.4}} = \frac{187,5}{100 \cdot 384} = 0,0048 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

### 5.2.2 Витратні коефіцієнти розчинів кислоти та лугу на промивку мембран

Для промивки зворотноосмотичних мембран використовується 0,1 %-ий розчин NaOH та 2 %-ий розчин цитратної кислоти.

Розраховується витратний коефіцієнт розчину кислоти:

$$\beta_{\text{кисл}} = \frac{L_{\text{кисл}} \cdot \tau \cdot N}{T_{\text{пром}} \cdot L_K}, \quad (5.14)$$

де  $L_{\text{кисл}}$  – витрата кислоти на промивку мембрани,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$\tau$  – час промивки мембрани, год;

$N$  – кількість мембран.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Тоді: } \beta_{\text{кисл}} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 52}{100 \cdot 384} = 0,00812 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Розраховується витратний коефіцієнт розчину NaOH:

$$\beta_{\text{лугу}} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 52}{100 \cdot 384} = 0,00812 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

### 5.2.3 Витратний коефіцієнт NaCl на регенерацію катіоніту та аніоніту

На одну регенерацію, зазвичай, використовуються 50 – 80 кг кухонної солі. За один день проводиться 2 регенерації, тоді витрата солі буде дорівнювати:

$$\beta_{\text{солі}} = \frac{n(\text{реген.}) \cdot g}{L_K} = \frac{2 \cdot 65}{384} = 0,338 \text{ кг} \frac{\text{солі}}{\text{м}^3} \quad (5.15)$$

де g – середня кількість солі на регенерацію.

Розрахунок витрата води для приготування 8 %-го розчину:

$$\beta_{\text{в.п.5}} = \frac{n(\text{реген.}) \cdot g \cdot \left(\frac{100}{8} - 1\right)}{L_K \cdot 1000} = \frac{2 \cdot 65 \cdot \left(\frac{100}{8} - 1\right)}{384 \cdot 1000} = 0,00389 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \quad (5.16)$$

### 5.2.4 Витратний коефіцієнт води на розведення розчинів після регенерації Na-фільтрів

Na-катіонітовий фільтр регенерується 8 %-им розчином NaCl (80000 мг/дм<sup>3</sup>). Після процесу регенерації утворюється промивний розчин з вмістом хлоридів 48550 мг/дм<sup>3</sup>. Об'єм розчину складає:

$$V_{\text{розч}} = (\beta_{\text{солі}} + \beta_{\text{води}}) \cdot L_K = \left(\frac{0,21}{1000} + 0,0025\right) \cdot 384 = 1,04 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}}. \quad (5.17)$$

Об'єм води для розведення розчину до концентрації 240 мг/м<sup>3</sup> знаходиться за формулою:

$$V_{\text{води}} = \frac{V_{\text{розч}} \cdot C_{\text{Cl}^-} - V_{\text{розч}} \cdot C}{C - 1} = \frac{1,626 \cdot 48550 - 1,626 \cdot 240}{240 - 1} = 328,67 \frac{\text{м}^3}{\text{доба}} \quad (5.18)$$

Розрахунок витратного коефіцієнта води на розведення:

$$\beta_{\text{в.п.6}} = \frac{V_{\text{води}}}{L_K} = \frac{328,67}{384} = 0,85 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \quad (5.19)$$

### Висновки

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У даному розділі розглянуто і розраховано матеріальний баланс установок зворотного осмосу. Також розраховано витратні коефіцієнти сировини, матеріалів та електроенергії на виготовлення готової продукції.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						60
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 6 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 6.1. Розрахунок та вибір основного технологічного обладнання

Обираючи мембрани потрібно пам'ятати про те, що вона повинна мати максимальну питому продуктивність при селективності, що забезпечує виконання вимог до якості перміату (відповідність санітарним нормам або нормам на технічну воду). Обов'язково слід пам'ятати про те, що мембрана повинна володіти достатньо високою хімічною стійкістю по відношенню до розчину, який очищується, однак він не повинен містити вільний хлор та інші окиснювачі, адже саме через ці компоненти відбувається передчасне псування мембран. Пошкодження мембран в результаті дії окиснювачів не покривається гарантією мембран, тому виробник рекомендує усувати залишковий хлор на стадії попереднього очищення, до потрапляння на мембрани [77]. У промисловості, мембрани Фільмтек вже давно стали справжньою класикою і законодавцем якості і надійності. Це не дивно, адже фільтруючі елементи здатні очищати воду, усуваючи з неї 99,8 різних включень, включаючи механічні і біологічно суспензії. При цьому техніка від Filmtec максимально лояльна до споживача, і створена для тривалої безперервної роботи, у зв'язку з чим, промислові мембрани виробника мають збільшений ресурс служби, і можуть використовуватися навіть на «складних» виробництвах з великим оборотом технічної і надчистої води [3].

Dow™ Filmtec™ XLE-440 – високопродуктивний зворотноосмотичний елемент. Кращий вибір для отримання перміату найвищої якості. Використовується як в існуючих системах, так і при проектуванні нових, де важливі капітальні вкладення і продуктивність.

Основні переваги мембран Dow™ Filmtec™ XLE-440:

- світовий стандарт очищення води – мембрана Dow™ Filmtec™ XLE-440 характеризується високою здатністю затримувати солі при низькому тиску.
- автоматизоване високоточне виробництво мембран дозволяє отримувати елементи з максимальною активною площею.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ефективне відмивання мембран в широкому інтервалі рН (1 – 12), надійність і тривалий термін [78].

Основні технологічні характеристики мембрани класу Dow™ Filmtec™ XLE-440:

- тип мембрани — поліамідна тонкоплівкова композитна.
- Номінальна активна площа мембрани, м<sup>2</sup> – 41.
- Максимальна робоча температура води, °С – 45.
- Максимальний робочий тиск, бар – 41.
- Максимальний перепад тиску, бар – 0,9.
- Селективність, % – 99,0.
- Діапазон рН, в режимі хімічної промивки 1 – 13.
- Продуктивність по перміату, м<sup>3</sup>/добу – 53.
- Максимальний індекс SDI – SDI<5.
- Діапазон рН, робочий режим – 2 – 11.
- Допустима кількість вільного хлору, мг/л – < 0,1.

Розрахунок товщини мембранного пакету, м:

$$\delta_{\text{п}} = \delta_{\text{д}} + 2 \cdot \delta_1 + 2 \cdot \delta_2, \text{ де} \quad (6.1)$$

$\delta_{\text{д}} = 0,1..0,5$  мм товщина дренажного матеріалу;

$\delta_1 = 0,1..0,4$  мм товщина підкладного матеріалу;  $\delta_2 = 0,1$  товщина мембрани, мм.

Приймається, що  $\delta_{\text{д}} = 0,4$  мм,  $\delta_1 = 0,4$  мм.

Тоді:  $\delta_{\text{п}} = 0,4 + 0,8 + 0,2 = 1,4$  мм.

Площа поверхні мембрани в одному елементі дорівнює, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{Е}} = 2 \cdot l_{\text{р}} \cdot l_{\text{м}}, \text{ де} \quad (6.2)$$

$l_{\text{р}} = 0,4...1,8$  м – довжина мембранного пакету,

$l_{\text{м}} = 0,4...1$  м – робоча висота модуля

Обираємо  $l_{\text{р}} = 0,6$  м (дане значення підходить для мембран з високою проникністю),  $l_{\text{м}} = 0,5$  м.

$$F_{\text{Е}} = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ м}^2$$

Площа робочої поверхні мембран в одному елементі, м<sup>2</sup> :

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_m = nE \cdot FE, \text{ де} \quad (6.3)$$

$nE = 1..12$  - кількість сумісно навитих елементів у модулі, (будемо вважати, що  $nE = 12$ ), тоді  $F_m = 12 \cdot 0,6 = 7,2 \text{ м}^2$ .

Площа робочої поверхні мембран в одному апараті,  $\text{м}^2$ :

$$F_a = nm \cdot F_m \quad (6.4)$$

$$F_a = 12 \cdot 7,2 = 86,4 \text{ м}^2.$$

Площа поперечного перерізу апарата, по якому проходить розчин, що розділяється:

$$S_c = nE \cdot l_p \cdot \delta_c, \text{ де} \quad (6.5)$$

$\delta_c = 0,3..1,0 \text{ мм}$  - товщина сітки сепаратора ( вважатимемо  $0,6 \text{ мм}$ ).

$$S_c = 12 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 4,32 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Площа поперечного перерізу апарата, зайнята пакетами мембран:

$$S_p = nE \cdot l_p \cdot \delta_p \quad (6.6)$$

$$S_p = 12 \cdot 0,6 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 10,08 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Площа поперечного перерізу апарату з урахуванням запасу на конструктивні елементи:

$$S_a = 1,1 \cdot (S_c + S_p) = 1,1 \cdot (4,32 + 10,08) \cdot 10^{-3} = 15,84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2. \quad (6.7)$$

Внутрішній діаметр апарата:

$$da = \sqrt{4 \cdot S_a / \pi} = \sqrt{4 \cdot 15,84 \cdot 10^{-3} / 3,14} = 0,02 \text{ м}. \quad (6.8)$$

Загальна кількість елементів у мембранній установці

$$N = F / F_a = 2032 / 86,4 = 24. \quad (6.9)$$

Селективність мембрани:

$$\varphi = 1 - \frac{1}{1 + (\gamma - 1) \cdot \left[ 1 - \exp\left(-\frac{V \cdot h}{m \cdot D_m}\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{V \cdot \delta}{D_0}\right)}, \text{ де} \quad (6.10)$$

$\delta$  – товщина пограничного шару;

$V$  – питома продуктивність;

$h$  – товщина мембрани;

$D_0$  – коефіцієнт дифузії у розчині ;

$D_m$  – коефіцієнт дифузії в мембрані ;  $m = 1$

$\gamma$  – коефіцієнт розподілу розчину в порах;

$$K_p = 1/\gamma,$$

Приймається, що,  $\gamma = 37,5$ ;

$$\delta = 0,01 \cdot h = 0,01 \cdot 0,1 = 0,001;$$

$$D_m = k \cdot D_0 = 0,081 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2 / \text{с}. \quad (6.11)$$

Перепад робочого тиску через мембрану дорівнює 0,9 МПа.

$$\text{Отже, } K_p = 0,1 \text{ м}^2 / \text{с}.$$

Селективність визначається як:

$$\varphi = 1 - 0,1 = 0,99. \quad (6.12)$$

Ступінь концентрування при зворотному осмосі розраховується за формулою:

$$K = X_{1k} / X_{1n} = 0,1 / 0,05 = 2, \text{ де} \quad (6.13)$$

$X_{1k}$  – розчин початкової концентрації, ;

$X_{1n}$  – розчин кінцевої концентрації,

## 6.2 Розрахунок Na-катіонітового фільтра

Необхідні вихідні дані для розрахунку Na-катіонітового фільтра:

Склад вихідної води, мг-екв / дм<sup>3</sup>:

$$[\text{Ca}^{2+}] - 5,45;$$

$$[\text{Mg}^{2+}] - 0,89;$$

$$[\text{Na}^+] - 0,55.$$

Продуктивність дорівнює  $Q = 16 \text{ м}^3 / \text{год}.$

Розрахунок необхідної площі фільтрування при швидкості фільтрування  $8 \text{ м}^3 / \text{год}:$

$$F = \frac{Q}{w} = \frac{16}{8} = 2. \quad (6.14)$$

Парметри фільтра дорівнюють:  $D = 2180 \text{ мм}, h_{\text{ш}} = 1,4 \text{ м}$  (висота шару).

$$f_k = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2180^2}{4} = 3,7 \text{ м}^2. \quad (6.15)$$

Кількість фільтрів розраховується за формулою:

$$n = \frac{F}{f_k} = \frac{3,3}{3,7} = 0,9 \approx 1 + 1 \text{ резервний}. \quad (6.16)$$

Дійсна швидкість фільтрування розраховується за формулою :

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\omega = \frac{\left(\frac{Q}{f_k}\right)}{n} = \frac{4,32}{2} = 2,16 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}. \quad (6.17)$$

Вміст катіоніту DOWEX MARATHON C, який необхідно завантажити у фільтри, враховуючи

резервний:

$$V_{\text{кат}}^{\text{вол}} = Q_{\text{доб}} \cdot \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+}}{E_{\text{кат}}}, \quad (6.18)$$

обмінна ємність катіоніту –  $E_{\text{кат}}$ , г-екв./м<sup>3</sup>;

добова продуктивність фільтра –  $Q_{\text{доб}}$ , визначається за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = 24 \cdot Q + 24 \cdot \frac{Q}{n} = 24 \cdot 16 + 24 \cdot \frac{16}{2} = 576 \frac{\text{м}^3}{\text{добу}}, \quad (6.19)$$

$$V_{\text{кат}}^{\text{вол}} = 576 \cdot \frac{5,44 + 0,88 + 0,54}{600} = 6,58 \text{ м}^3.$$

Об'єм катіоніту в повітряно-сухому стані визначається за формулою:

$$V_{\text{кат}}^{\text{сух}} = \frac{V_{\text{кат}}^{\text{вол}}}{K_{\text{кат}}^{\text{наб.}}} = \frac{6,58}{2,06} = 3,19 \text{ м}^3. \quad (6.20)$$

Маса повітряно-сухого катіоніту, завантаженого у фільтри, розраховується за формулою:

$$M_{\text{кат}}^{\text{сух}} = V_{\text{кат}}^{\text{сух}} \cdot \rho_{\text{кат}}^{\text{сух}}, \quad (6.21)$$

насипна густина катіоніту –  $\rho_{\text{кат}}^{\text{сух}}$ , т/м<sup>3</sup>:

$$M_{\text{кат}}^{\text{сух}} = 3,19 \cdot 0,7 = 2,23 \text{ т}.$$

Тривалість фільтрування визначається за формулою:

$$\tau = f_k \cdot h_{\text{ш}} \cdot E_{\text{кат}} \cdot \frac{\frac{n}{Q}}{C}, \quad (6.22)$$

концентрація всіх іонів –  $C$ ;

$$\tau = 3,7 \cdot 1,4 \cdot 600 \cdot \frac{\frac{2}{16}}{0,54 + 5,44 + 0,88} = 56,63 \text{ год}.$$

Добове число регенерації розраховується за формулою:

$$m = 24 \cdot \frac{n}{\tau} = 24 \cdot \frac{2}{39,5} = 1,2.$$

### 6.3 Розрахунок та вибір допоміжного технологічного обладнання

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 6.3.1 Розрахунок баку для накопичення глибокознесоленої води

Після зворотного осмосу глибокознесолена вода накопичується у баку. Розрахунок ємності проводиться за рівнянням:

$$V_{\text{баку}} = W \cdot \tau, \text{ де} \quad (6.23)$$

$W$ , м<sup>3</sup>/год - об'ємна витрата рідини ;

$\tau$ , год - тривалість перебування рідини в ємності ( $\tau = 30$  хвилин) .

Тоді об'єм баку дорівнює:

$$V_{\text{баку}} = 26 \cdot 0,5 = 13 \text{ м}^3.$$

### Висновки

У даному розділі розглянуто розрахунок та вибір основного та допоміжного технологічного обладнання.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7 АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА РЕГУЛЮВАННЯ

Автоматизація є одним із основних і найбільш прогресивних напрямків технологічного розвитку. Створення автоматизованих відділень та заводів, пришвидшене введення автоматизованих методів і засобів контролю якості та випробування продукції є основною частиною технологічних процесів сьогодні. Автоматизація виробництва сприяє оптимізації технологічного процесу, безаварійної роботи обладнання, а також виключає шкідливі для людини технологічні операції

Впровадження спеціальних автоматичних пристроїв попереджає забруднення атмосферного повітря промисловими викидами.

### 7.1 Аналіз технологічного процесу отримання води очищеної

На підставі аналізу технологічного процесу підготовки води очищеної для ін'єкцій постають такі задачі автоматизації:

- контроль перепаду тиску у всіх УЗО для попередження їх забиття;
- контроль рН в трубопроводі;
- контроль витрати рідини при надходженні води у схему;
- контроль концентрації розчину концентрату;
- контроль рівня рідини в баках пом'якшеної та очищеної води;
- контроль витрати води на виході з технологічної схеми;
- контроль і регулювання витрати рідини при надходженні води у схему.

Параметри регулювання та контролю регулювання виробництва наведено у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 — Параметри регулювання та контролю виробництв

№	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що вимірюється або регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до рівня автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
---	--	--	---	---

1	Трубопровід 28	Витрата	10...25 м <sup>3</sup> /год	Контроль, регулювання
2	Трубопровід 28	pH	8...9	Контроль
4	Установка зворотного осмосу	Перепад тиску	до 0,8 МПа	Контроль, сигналізація
5	Бак пом'якшеної води, бак очищеної води	Рівень	4 м	Контроль
6	Бак з розчином концентрату після ОЗ	Рівень	3,5 м	Контроль
7	Керамічна мембрана	Перепад тиску	До 0,8 МПа	Контроль, сигналізація
8	Трубопровід 1з	Витрата	10...25 м <sup>3</sup> /год	Контроль
9	Бак з розчином NaOH	Рівень	3,5 м	Контроль
10	Бак з розчином Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Рівень	3,5 м	Контроль
11	Бак з розчином цитратної кислоти	Рівень	3,5 м	Контроль
12	Рукавний фільтр	Перепад тиску	0,5...0,6 МПа	Контроль, сигналізація
13	Бак з розчином антискаланту	Рівень	3,5 м	Контроль

## 7.2 Опис розробленої схеми автоматизації відділення

Для нормальної роботи усього технологічного устаткування, контролю, реєстрації та регулювання технологічних параметрів, мінімізації можливих людських помилок, розроблено схему автоматизації.

Для контролю pH в трубопроводі розроблено контур 6, який містить чутливий елемент pH-метра магістрального виконання (6-1), перетворювач з цифровою індикацією результатів, (6-2), показувальний та реєструвальний прилад (6-3), електричний блок регулювання (6-4), модуль керування дозатором (6-5).

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю і регулювання витрати води в трубопроводі 28 розроблено контур 1, який складається з діафрагми стандартної камерної (1-1), дифманометра безшкального (1-2), пневматичного показувального і реєструвального вторинного приладу зі станцією керування (1-3), регулятора пневматичного пропорційно-інтегрального (1-4), механізму виконавчого пневматичного прямої дії (1-5).

Контур 2 та 15 призначені для контролю та реєстрування рівня води у баках води пом'якшеної та очищеної відповідно. Вони включають рівнеміри буйкові з пневматичними передавальними перетворювачами (2-1, 15-1), перетворювачі пневмоелектричні (2-2, 15-2), приладів вторинних показувальних вузькопрофільних (2-3, 15-3), лампи електричні сигнальні HL1, HL9.

Для контролю та сигналізації рівня рідин в баці з розчином гіпосульфїта натрія розроблено контур 3, в баках з розчинами концентрату розроблено контур 12, гідроксиду натрію – контури 4, 14, цитратної кислоти – контур 13, розчину антискалantu – контур 8. Які складаються з радарних рівнемірів (3-1, 12-1, 4-1, 14-1, 13-1, 8-1) та показувальних і реєструвальних вторинних приладів (3-2, 12-2, 4-2, 14-2, 13-2, 8-2).

Для контролю і сигналізації перепаду тиску в УЗО було розроблено контури 9, 10, 11. Вони складаються з вимірювальних перетворювачів різниці тисків з блоком цифрової індикації (9-1, 10-1, 11-1), автоматичних показувальних і реєструвальних вторинних приладів із цифровою індикацією та неперервним записом і сигналізацією (9-2, 10-2, 11-2). Лампочки сигнальні HL5, HL6, HL7.

Контур 16 забезпечує контроль концентрації в баку з розчином концентрату після зворотноосмотичної установки. Він включає первинний вимірювальний (проточний) перетворювач кондуктометричного аналізатора рідини (16-1) та вторинний прилад кондуктометричного аналізатора рідини (16-2).

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8 ЕКОНОМІКО-ОРГАНІЗАЦІЙНІ РОЗРАХУНКИ

### 8.1 Відділення підприємства

Метою даного розділу є техніко-економічне обґрунтування актуальності запропонованих в даному дипломному проекті техніко-технологічних рішень. В умовах ринкової економіки від технічного та інженерно-технічного персоналу підприємства власники підприємств вимагають навички застосування сучасні форми організації діяльності виробництва, організаційно-економічного забезпечення ефективної праці.

В розділі проведено економіко-організаційні розрахунки відділення виробництва води очищеної методом зворотного осмосу.

#### 8.1.1 Схема організаційної структури відділення

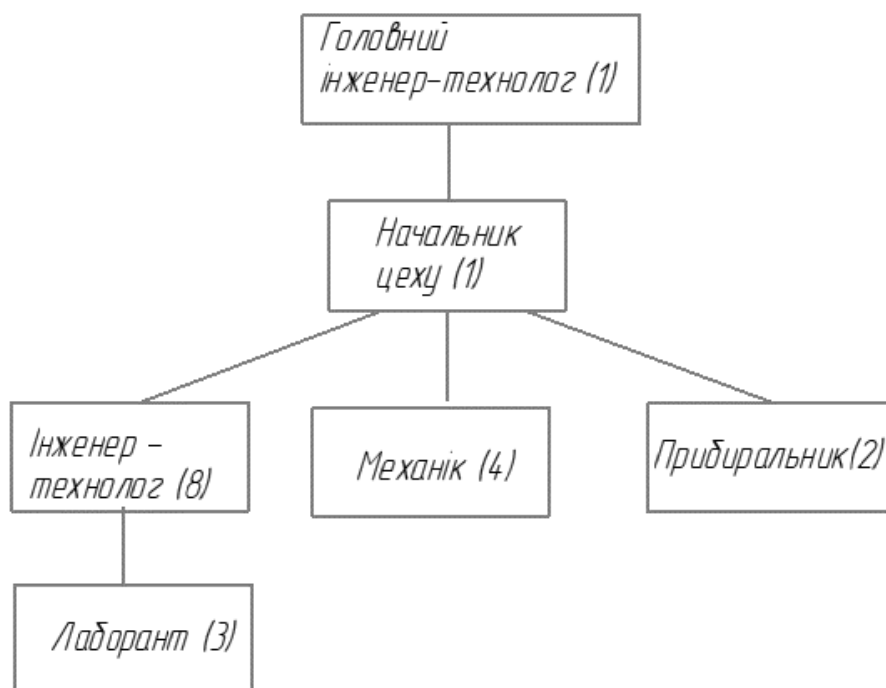


Рисунок 8.1 – Схема організаційної структури підприємства

Перелік посад:

Начальник цеху – виконує керівництво виробничою діяльністю відділення та сліdkує за виконанням поставлених завдань. Займається організацією праці та робочих місць підлеглих, а також надає завдання працівникам. Проводить аналіз результативності виробничої діяльності відділення та виявляє можливості підвищення її ефективності.

Несе відповідальність за недотримання правил внутрішнього трудового розпорядку, охорони праці, виробничої санітарії, техніки безпеки, та протипожежного захисту [96].

Головний інженер-технолог – займається складанням плану розміщення обладнання, технічного оснащення та організації робочих. Проводить розрахунки виробничої потужності та завантаження обладнання. Проводить розрахунок технічних норм витрат води, розчинів для регенерації обладнання, енергоресурсів та матеріалів, економічну ефективність технологічних процесів. Організовує та проводить внутрішній контроль хімічного дослідження якості води, реагентів та стічних вод [96].

Інженер-технолог – підпорядковується головному інженеру.

Лаборант – здійснює перевірку, виготовлення, зберігання реактивів, індикаторів для потреб контрольно-аналітичних лабораторій у відповідності з їх фізико-хімічними властивостями. Проводить аналіз проб води. Контролює якість та чіткість роботи [96].

Механік – виконує діагностику, перевірку, ремонтні роботи, налагодження та здавання в експлуатацію електронних, електричних та електромеханічних елементів устаткування. Виконує монтажні роботи, регулює електронні, електромеханічні блоки та вузли, електроприводи, що регулюються, пристрої програмного керування [96].

Прибиральник – відповідає за чистотою цеху та займається підтримкою відповідного санітарного стану.

## **8.2 Технологічна підготовка**

Технологічний процес складається з таких операцій:

- надходження води в систему, вхідний контроль якості та підготовка її до стадії пом'якшення;
- стадія пом'якшення води;
- дехлорування води в трубопроводі та доочищення води на рукавному фільтрі;
- очищення на ультрафільтраційній установці; очищення води на

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установці зворотнього осмосу;

- знезараження УФ лампами;
- вихідний контроль якості води очищеної;

Виробничі процеси, залежно від відношення до кінцевої продукції, поділяються на основні, допоміжні, бічні, підсобні.

До основних процесів при виробництві води очищеної відносять [96]:

- надходження води в систему та підготовка її до пом'якшення;
- стадія пом'якшення води;
- дехлорування води в трубопроводі та фільтрування тонкого очищення;

- очищення на ультрафільтраційній установці;
- очищення на установці зворотнього осмосу;
- зберігання води в накопичувальних баках з постійним перемішуванням;

До допоміжних процесів на даному підприємстві належать [96]:

- ремонт обладнання;
- обслуговування приладів;
- транспортування;
- енергозабезпечення.

До підсобних процесів належать [96]:

- заготівля сировини, запасних частин обладнання.

### **8.2.1 Види руху предметів праці.**

Виробничий цикл (ВЦ) – період часу між запуском у виробництво сировини і отриманням готової продукції; сукупність основних допоміжних, підсобних процесів необхідних для випуску продукції.

В таблиці 8.1 наведено стадії технологічного процесу та їхню тривалість.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 8.1 – Стадії технологічного процесу

№ п/п	Стадія	Час, год.
1	Подача води в систему та попередня підготовка	0.5
2	Процес пом'якшення води	1
3	Дехлорування води та доочищення на фільтрі	1
4	Ультрафільтрування на керамічній мембрані	1
5	Знесолення на двоступеневі ЗО установці	1,5
6	Знезараження УФ лампами	0,5
7	Збирання води у баки для зберігання	0,5
		$\Sigma = 6$ год

Порядок проходження предметів праці через всі стадії виробничого процесу називається видом руху предметів праці (ВРПП). Розглянемо послідовний, паралельний та синхронізований ВРПП:

#### 8.2.1.1 Послідовний ВРПП

Послідовний ВРПП – як видно з рисунку 8.2, це такий вид руху предметів праці, при якому наступна одиниця продукції входить у виробничий цикл тільки після повного завершення процесу виготовлення першого.

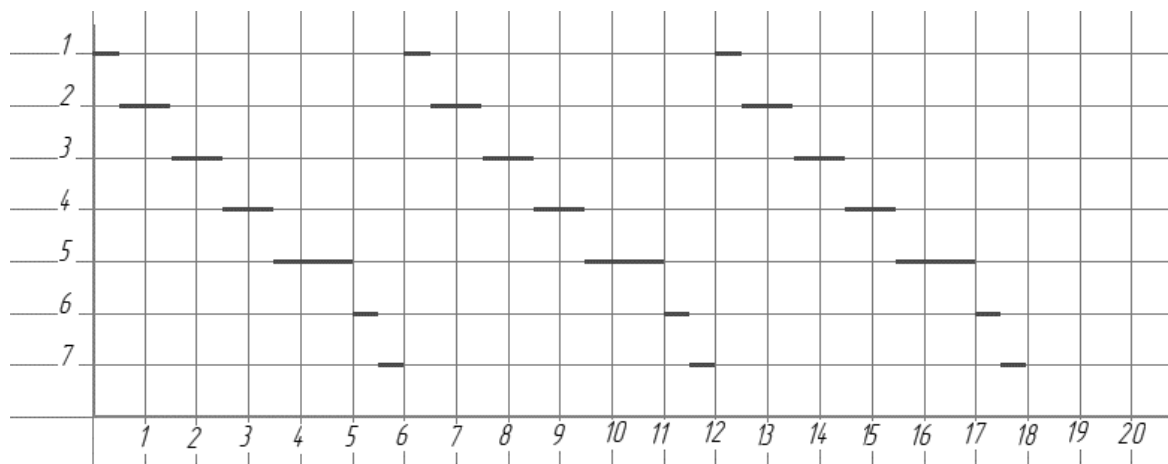


Рисунок 8.2 – Послідовний ВРПП

ТВЦ – тривалість виробничого циклу за послідовного виду руху предметом праці розраховується за формулою:

$$ТВЦ = B \cdot \sum_{i=1}^n t_i ; \quad (8.1)$$

де  $B$  – випуск продукції;  $m$  – кількість операцій,  $t_i$  – тривалість  $i$ -ої операції.

Випуск становить:

$$B = \frac{T_{в.ц.}}{\sum_{i=1}^n t_i} = \frac{24}{6} = 4 \text{ партії завантаження} \quad (8.2)$$

Кількість обладнання  $Нобл. = 7$  од. Так як дана виробнича лінія напіваавтоматична, то кількість працівників, які її обслуговують – 3 особи.

### 8.2.1.2 Паралельний ВРПП

Паралельний ВРПП зображений на рисунку 8.3, з якого видно, що це такий вид руху предметів праці, коли обробка продукції на першій операції починається одразу після передачі напівфабрикату на наступну операцію.

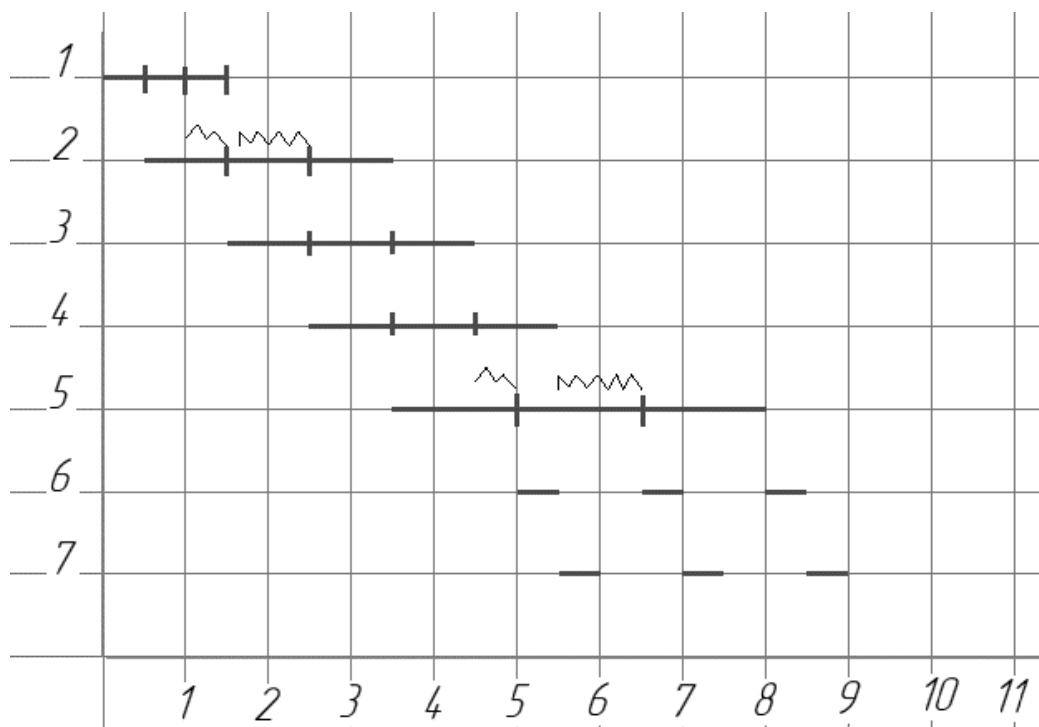


Рисунок 8.3 – Паралельний ВРПП

ТВЦ – це тривалість виробничого циклу за паралельного ВРПП, вона розраховується за формулою:

$$T_{\text{пар}} = \sum_{i=1}^n t_i + (B - 1) \cdot t_{\text{max}} = 6 + (4 - 1) \cdot 1,5 = 10,5 \text{ год.} \quad (8.3)$$

де  $B$  – випуск продукції,  $t_i$  – тривалість  $i$ -ої операції,  $n$  – кількість операцій,  $t_{\text{max}}$  – тривалість найдовшої операції.

Так як при виробництві води очищеної не можна допускати пролежування сировини на певних стадія, виникає потреба у введенні додаткових одиниць обладнання у відділення, що може спричиняти додаткові витрати.

Така сама проблема виникла при синхронному ВРПП. Адже синхронізований ВРПП потребує додаткової кількості одиниць обладнання та збільшення кількості працівників. Таким чином випуск продукції збільшиться, однак також і зростуть витрати на придбання обладнання.

### 8.2.1.3 Змішаний ВРПП

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ

Арк.

75

Змішаний ВРПП поєднує в собі кілька типів ВРПП, для даного випадку двох – синхронізованого і паралельного. Перша операція починається з ритмом 1 год, а всі інші йдуть так, як і в паралельному ВРПП.

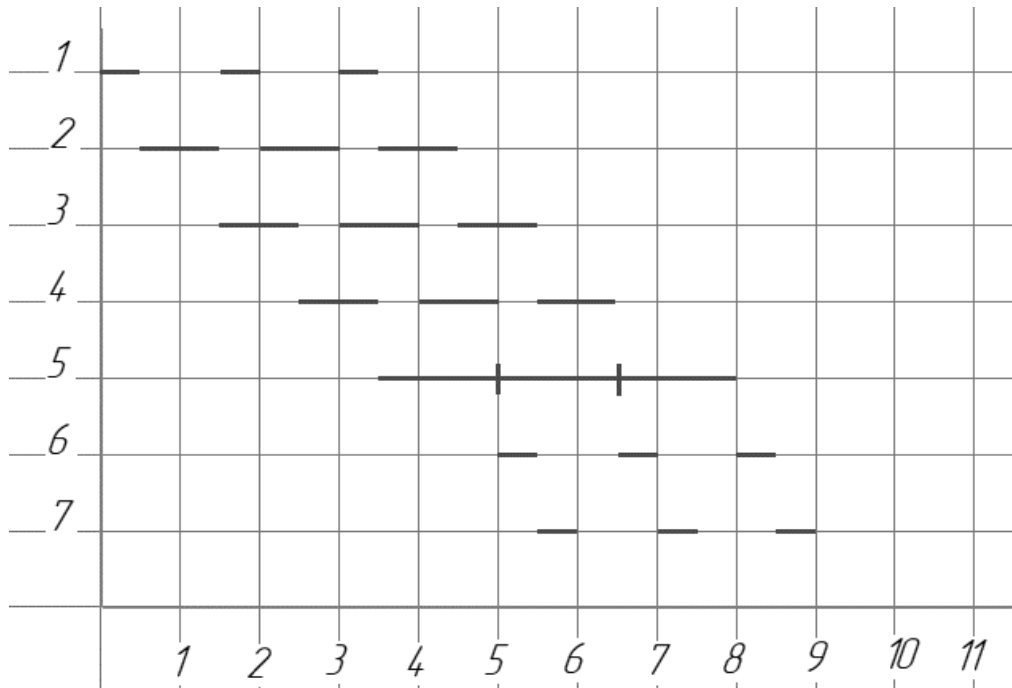


Рисунок 8.4 – Змішаний ВРПП

### 8.3 Режим роботи

Режим роботи відділення – безперервний, а отже, відділення працює 24 години 7 днів в неділю, незважаючи на офіційні свята. У році 52 тижні. Кількість днів у році 365. Кількість робочих днів у році 365. Враховуючи це у відділенні працюють почергово 3 бригади по 8 год. Продуктивність відділення дорівнює 16 м<sup>3</sup>/год, тому добове виробництво становить 384 м<sup>3</sup>/добу. За один виробничий цикл виготовляється 32 м<sup>3</sup> очищеної води.

$$24 = 6 + (B - 1) \cdot 1,5;$$

$$B = 13 \text{ партій завантаження}$$

Отже при змішаному ВРПП за добу (24 год) відділення може випустити 13 завантаження готової продукції [15].

Тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{парал}} = \sum t_i + (B - 1) \cdot t_{\text{max}} = 8 + (3 - 1) \cdot 3,5 = 15 \text{ (год)} \quad (8.4)$$

Середньорічна тривалість виробничого циклу:

$$T_{\text{вц}}^{\text{ср}} = \frac{24 \cdot D_{\text{к}}}{T_{\text{р}} \cdot D_{\text{р}}} \cdot T_{\text{вц}}^{\text{факт.}} = \frac{24 \cdot 365}{24 \cdot 365} \cdot 24 = 24 \text{ год}, \quad (8.5)$$

$D_{\text{к}}$  – кількість діб у календарному році;

24 – кількість годин у добі;

$T_{\text{вц}}$  – тривалість виробничого циклу фактична;

$D_{\text{р}}$  – кількість робочих днів у календарному році;

$T_{\text{р}}$  – тривалість роботи відділення протягом доби.

Річний випуск продукції.

За добу відділення випускає 13 умовних партій води очищеної, кожна по  $32 \text{ м}^3$ . За добу виготовляється  $416 \text{ м}^3$ . Отже, планово підприємство випускає стільки води очищеної на рік:

$$B = n_{\text{доб}} \cdot D_{\text{р}} = 416 \cdot 365 = 151\,840 \frac{\text{м}^3}{\text{рік}}, \quad (8.6)$$

$n_{\text{доб}}$  – добовий випуск продукції;

$D_{\text{р}}$  – кількість робочих днів у календарному році.

### 8.3.1. Визначення кількості одиниць обладнання та графіку роботи підприємства.

Робочий тиждень для робочого персоналу має вигляд: 7 днів на тиждень, тривалість робочої зміни 8 годин, режим роботи у 3 зміни,.

Робочий тиждень для керуючого персоналу має вигляд: 5 днів на тиждень, режим роботи (з 8:00 до 16:00):

Перша зміна працюватиме з 8:00 до 16:00 : Чяв= 9 осіб.

Друга зміна – з 16:00 до 24:00: Чяв = 5 осіб.

Третя зміна – з 24:00 до 8:00: Чяв = 5 осіб.

Графік роботи працівника:

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365 - T_{\text{св}}}{7} \cdot 40 = \frac{365 - 11}{7} \cdot 40 - (8 - 1) \cdot 1 = 2017 \text{ год}. \quad (8.7)$$

$$N_{\text{бриг}} = \frac{T_{\text{підпр}}^{\text{рік}}}{T_{\text{прац}}^{\text{рік}}} = \frac{365 \cdot 24}{2017} = 4 \text{ бригади}. \quad (8.8)$$

Тож підприємство, а отже і відділення виробництва води очищеної працюватиме 365 днів на рік, тривалість однієї зміни становить 8 годин. Для

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечення заданої продуктивності відділу необхідно 4 бригади. Графік змінності представлено нижче.

Таблиця 8.2 – Графік змінності чотирьох бригад на підприємстві, що працює цілодобово в 3 зміни

Дні Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
I	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	1	1	1	1	В	В
II	В	3	3	3	3	В	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2
III	3	В	1	1	1	1	В	В	2	2	2	2	В	3	3	3
IV	1	1	В	В	2	2	2	2	В	3	3	3	3	В	1	1

Тривалість змінообороту дорівнює 16 днів [97].

$$T_{\text{прац}}^{\text{рік}} = \frac{365}{T_{\text{зм.об.}}} \cdot (T_{\text{зм.об.}} - T_{\text{вих.}}) \cdot T_{\text{зміни}} = \frac{365}{16} \cdot (16 - 4) \cdot 8 = 2190 \text{ год.} \quad (8.9)$$

Кількість залученого у відділенні обладнання представлено в таблиці 8.3.

Таблиця 8.3 – Необхідна кількість обладнання

Операція	Обладнання, що використовується	Кількість обладнання
1	2	3
№1	Бак вихідної води	1
	Механічний фільтр	1+1резервний
	Теплообмінник	1
	Насос	1
№2	Фільтр знезалізнення	1+1резервний
	Na-катіонітовий фільтр	2+1резервний
	Cl-аніонітовий фільтр	1+1 резервний
	Бак з концентратом	1
	Бак з розчином NaCl	1
№3	Бак з розчином гіпосульфиту натрія	1

	Дозатор	1
	Рукавний фільтр	1+1резервний
№4	Насос підвищеного тиску	1
	Керамічна мембрана	1+1резервна
№5	Установка зворотного осмосу	2+1 резервний
	Бак для концентрату	1
	Бак з розчином антискаланту	1
№6	УФ-лампа	1
№7	Бак води очищеної	1

### 8.3.2 Контроль виробництва

Технічний контроль – сукупність методів, заходів та засобів, що забезпечують відповідність якості продукції, яка випускається, вимогам нормативів та стандартів [97]. Об'єктом технологічного контролю є технологічний процес. Суб'єктами технічного контролю є органи чи особи, наділені правом (чи уповноважені) здійснювати функції і процедури контролю [97].

Вхідний контроль включає в себе проби сировини (пом'якшеної води), яка надходять на відділення. Аналіз сировини виконують фізичними та хімічними методами аналізу контролюючи загальна твердість, солевміст, вміст іонів. Перевіряється склад реагентів, що використовуються для очищення води.

Контроль проводиться одразу після поставки пом'якшеної води на відділення тарреагентів один раз на місяць незалежно від дати постачання. Результати заносяться в базу даних ПК. Контроль якості проводиться технологом.

Вихідний контроль проводиться після кожної виготовленої партії, кожні 2 годин. Знесолену воду перевіряють таким чином як воду на вхідному контролі, аналізуються її хімічні властивості, а також контролюють питому електропровідність. Результати записуються до бази даних ПК та, при необхідності (коли показники та властивості продукту змінюються у будь-яку

сторону), лаборант і технолог аналізують дані отримані при усіх контролях якості.

Паспорт на продукцію:

Паспорт № \_\_\_\_\_

ТОВ «Watersolve» м.Київ вул. Олекси Тихого 1

Відповідає вимогам GMP та СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2011.

Найменування продукту : вода очищена

Партія № \_\_\_\_\_

Дата виготовлення - \_\_\_\_\_

Дата проведення аналізу (остаточний в резервуарі) – \_\_\_\_\_

Об'єм замовлення – \_\_\_\_\_

№	Назва показника	СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013	Фактичне
1	рН води	7	
2	Окислювальні речовини	$\leq 0,5$ мг/л	
3	Нітрати	$\leq 0,00002\%$	
4	Пірогенність	апірогенна	
5	Важкі метали	$\leq 0,00001\%$	Важкі метали
6	Колір	1	

Умови зберігання: в стерильних резервуарах, при температурі не вище 80°C.

Головний інженер - технолог \_\_\_\_\_  
(підпис, ПБІ)

Начальник відділення \_\_\_\_\_  
(підпис, ПБ)

#### **8.4 Матеріальна документальна та організаційно-економічна документація підприємства**

##### **8.4.1 Матеріальний баланс оборотних фондів**

До оборотних фондів відділення відносять:

- сировину;
- електроенергії та допоміжні матеріали, що застосовуються для підтримки нормальної роботи.

У вартість сировини входить:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ



- Живильна вода – на  $384 \text{ м}^3$  перміату потрібно  $456 \text{ м}^3$  вихідної води, тоді вартість води буде дорівнювати:  $21 \text{ грн/ м}^3 \cdot 456 \text{ м}^3 = 9\,576 \text{ грн}$ ;

-

- Загрузка, яка є основою в фільтрі знезалізнення – *Birm*, необхідна кількість =  $28 \text{ кг}$ , коштує  $2000 \text{ грн}$ ;

- Іонообмінна смола катіоніт – вартість  $25 \text{ л} = 3350 \text{ грн}$ , необхідна кількість =  $50 \text{ л}$ , тому  $3350 \cdot 2 = 6700 \text{ грн}$ ;

- Іонообмінна смола аніоніт – вартість  $25 \text{ л} = 7220 \text{ грн}$ ;

- реагенти для промивання мембран:

1) лужний реагент – необхідна кількість =  $4 \text{ кг}$ , ціна за  $1 \text{ кг} = 95 \text{ грн}$ , тоді  $4 \cdot 95 = 380 \text{ грн}$ ;

2) кислотний реагент – цитратна кислота, необхідна кількість =  $5 \text{ кг}$ , ціна за  $1 \text{ кг} = 60 \text{ грн}$ , тоді  $5 \cdot 60 = 300 \text{ грн}$ , а також використовується нітратна кислота, необхідна кількість якої становить –  $5 \text{ кг}$ , ціна за  $1 \text{ кг} = 40 \text{ грн}$ , тоді  $5 \cdot 40 = 200 \text{ грн}$ ;

3) суспензія оксиду кремнію – необхідна кількість –  $5 \text{ кг}$ , вартість  $1 \text{ кг} = 43 \text{ грн}$ , тоді  $5 \cdot 43 = 215 \text{ грн}$ ;

- розчин антискалantu – при необхідній кількості розчину  $10 \text{ кг}$ , вартість сировини становить  $3075 \text{ грн}$ .

- реагенти для проведення якісного аналізу – при необхідній кількості  $2 \text{ кг}$ , вартість реагентів становить  $1200 \text{ грн}$ .

Сумарна вартість сировини становить:

$$9576 + 2000 + 6700 + 7220 + 380 + 300 + 200 + 215 + 3075 + 1200 = 30\,866 \text{ грн}$$

Витрати на сировину за рік:

$$V_{\text{сир}} = V_{\text{сир.од.}} \cdot V_{\text{факт}} = 30\,866 \cdot 365 = 11\,266\,090 \text{ грн/рік.} \quad (8.10)$$

Розрахунок витрати на електроенергію.

Відділення працює  $24$  години  $7$  днів на тиждень, враховуючи це, період роботи виробництва протягом року становить  $\tau = 8760 \text{ год}$ .

$C_{\text{вкл}} = \sum (T_{\text{рег}} \cdot t) \cdot P_{\text{обл}}^{\text{річ}} \quad (8.11)$					Арк.
ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ					81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де  $T_{\text{рег}}$  – тарифна ставка за регульованим тарифом:  $T_{\text{рег}}=2$  грн./ (кВт·год) у

денний період,  $T_{\text{рег}} = 0,4$  грн./ (кВт·год) у нічний період.

$P_{\text{обл}}^{\text{річ}}$  – річна потужність обладнання. Потужність по всьому обладнанню дорівнює 20 кВт, тоді в денний період :

$$C_{\text{ел}} = (2 \cdot 4380) \cdot 20 = 175\,200 \text{ грн/рік}$$

В нічний період :

$$C_{\text{ел}} = (0,4 \cdot 4380) \cdot 20 = 35\,040 \text{ грн/рік}$$

$$\text{Разом: } C_{\text{ел}} = 175\,200 + 35\,040 = 210\,240 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо Обф:

$$\text{ОбФ} = 11\,266\,090 + 210\,240 = 11\,476\,330 \text{ грн.}$$

## 8.5 Калькуляція

Фонд оплати праці відділення:

ФОП = ЗП · 1,22 , в таблиці 8. Наведено нарахування заробітної плати працівникам.

Таблиця 8.4 – Нарахування заробітної плати працівникам відділення

Посада	Кількість працівників	ЗП одного працівника, грн./місяць	ЗП одного працівника, грн./рік	ЗП за рік із врахуванням кількості працівників, грн
Головний інженер-технолог	1	20 000	240 000	240 000
Начальник відділення	1	18 000	216 000	216 000
Інженер-технолог	8	15 000	180 000	1 440 000
Лаборант	3	10 000	120 000	360 000
Прибиральник	2	5 400	64 800	129 600
Механік	4	7 000	84 000	336 000
Всього	19	75 400	904 800	2 721 600

Таким чином, ФОП = ЗП · 1,22 = 2 721 600 · 1,22 = 3 320 352 грн/рік

Нарахування становлять 3 320 352 – 2 721 600 = 598 752 грн/рік.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До основних фондів відділення належать:

- вартість будівель виробничого приміщення – 20 000 000 грн;
- сумарна вартість обладнання – 15 000 000 грн;
- нематеріальні активи – 3 000 000 грн;
- транспорт – 3 000 000 грн.

Разом ОФ = 20 000 000 + 15 000 000 + 3 000 000 + 3 000 000 = 41 000 000  
грн

$$A = \frac{ОФ}{T_{\text{експл}}} \quad (8.12)$$

- 1) Амортизація будівель: плановий термін експлуатації становить 20 років:

$$A_{\text{буд}} = \frac{ОФ}{T_{\text{експл}}} = \frac{20\,000\,000}{20} = 1\,000\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 2) Амортизація обладнання: плановий термін експлуатації становить 5 років:

$$A_{\text{обл}} = \frac{ОФ}{T_{\text{експл}}} = \frac{15\,000\,000}{5} = 3\,000\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 3) Амортизація нематеріальних активів: плановий термін експлуатації становить 10 років:

$$A_{\text{н.а.}} = \frac{ОФ}{T_{\text{експл}}} = \frac{3\,000\,000}{10} = 300\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

- 4) Амортизація транспорту: плановий термін експлуатації становить 5 років:

$$A_{\text{тран}} = \frac{ОФ}{T_{\text{експл}}} = \frac{3\,000\,000}{5} = 600\,000 \frac{\text{грн}}{\text{рік}};$$

Амортизаційні відрахування дорівнюють:

$$A = A_{\text{буд}} + A_{\text{обл}} + A_{\text{н.а.}} + A_{\text{тран}} = 1\,000\,000 + 3\,000\,000 + 300\,000 + 600\,000 = 4\,900\,000 \text{ грн/рік.}$$

## 8.6 Техніко-економічні показники

Розрахунок виробничої собівартості продукту:

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{\text{вир}} = O\delta Z + A, \quad (8.13)$$

$$C_{\text{ви}} = 11\,476\,330 + 3\,320\,352 + 2\,900\,000 = 17\,696\,682 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}$$

де  $O\delta Z = O\delta\Phi + \Phi O\Pi$ .

$$B_{\text{адм}} = 3\Pi \text{ осн} \cdot 25\% = 2\,721\,600 \cdot 0,25 = 680\,400 \text{ грн}$$

Де  $B_{\text{адм}}$  – накладні витрати.

Тоді повна собівартість дорівнює:

$$C_{\text{повна}} = C_{\text{вир}} + B_{\text{адм}} = 17\,696\,682 + 680\,400 = 18\,377\,082 \frac{\text{грн}}{\text{рік}} \quad (8.14)$$

Собівартість 1 м<sup>3</sup> води, при річному випуску продукції 140 160 м<sup>3</sup>:

$$C_{\text{од}} = \frac{C_{\text{повна}}}{B} = \frac{18\,377\,082}{140\,160} = 131,115 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3} \quad (8.15)$$

При ціні 250 грн/м<sup>3</sup> річний прибуток дорівнює:

$$\Pi = \Pi - C_{\text{повна}} = 250 \cdot 140\,160 - 18\,377\,082 = 16\,662\,918 \text{ грн/рік}. \quad (8.16)$$

Рентабельність:

$$P = \Pi / C_{\text{повна}} \cdot 100\% = (16\,662\,918 / 18\,377\,082) \cdot 100\% = 90,6 \%. \quad (8.17)$$

Тоді період повернення капіталовкладень дорівнює:

$$T_{\text{пов}} = K / \Pi, \quad (8.18)$$

Капіталовкладення:

$$K = O\delta Z + O\Phi \quad (8.19)$$

$$K = 11\,476\,330 + 3\,320\,352 + 41\,000\,000 = 55\,796\,682 \text{ грн.}$$

$$T_{\text{пов}} = 55\,796\,682 / 16\,662\,918 = 3,4 \text{ роки,}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E = 1 / T_{\text{пов}} = 1 / 3,4 = 0,29.$$

Фондовіддача виробничих фондів:

$$\Phi B = (\Pi \cdot B) / O\Phi = (250 \cdot 140\,160) / 41\,000\,000 = 0,85 \text{ грн/грн}. \quad (8.20)$$

Фондоємність:

$$\Phi C = 1 / \Phi B = 1 / 0,85 = 1,17 \text{ грн/грн}. \quad (8.21)$$

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розглянувши технологічну схему відділення можна зробити висновок, що на виробництві використовуються шкідливі та небезпечні виробничі фактори, зокрема: агресивні речовини, пожежонебезпечні матеріали та речовини, електрична, механічна та теплова енергії. Всі проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці.

У даному розділі на основі аналізу небезпечних та шкідливих факторів виробництва, розроблено заходи для створення безпечних умов праці персоналу та пожежної безпеки виробництва [95].

### 9.1. Виявлення і аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів на проектованому об'єкті. Заходи з охорони праці

#### 9.1.1. Повітря робочої зони

Роботи, що виконуються в проектованому цеху, за витратами фізичної енергії відносяться до категорії середньої важкості Па, згідно з ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничого приміщення для даної категорії робіт для двох періодів року наведено в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1 – Санітарні норми параметрів мікроклімату робочої зони [95]

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Період року	Категорія робіт	Температура, °С						Відносна вологість %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	допустима				оптимальна	опустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш ніж	Оптимальна, не більш ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних не більш ніж	
			Верхня межа		Нижня межа						
			На робочих місцях								
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних					
Холодний	Середньої тяжкості – II-а	18-20	23	24	17	15	40-60	75	0,2	Не більше 0,3	
Теплий		21-23	27	29	18	17	40-60	65 (при 26°С)	0,3	0,2-0,4	

Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується, наведена в таблиці 9.2.

Таблиця 9.2 – Коротка санітарна характеристика цеху, що проектується

Назва виробничої ділянки, лабораторії, установки	Шкідливі речовини, що виділяються. Причини їх виділення	Група шкідливої речовини у повітрі шкідливої зони, м/мг	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту	Засоби допікарської допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Група шкідливої речовини. Характеристика шкідливого впливу
1	2	3	4	5	6	7	8

Цех з підготовки води очищеної	Цитратна кислота	1	2	Спеціальний одяг, ГОСТ 27574 або ГОСТ 27575; захисні окуляри, тип Г по ГОСТ 12.4.013; гумові рукавиці, тип В, ГОСТ 20010; черевики типу В, ГОСТ 12.4.137; Респіратор РУ-60М, УК-2, РП-К ГОСТ 12.4.103-80;	При вдиханні: свіже повітря, інгаляція 2% розчином соди; при опіках: промити мильною водою та слабким розчином соди; з очей змити водою	Гравіметричний та санітарно-хімічний, 1 раз на місяць	Подразнюючі, при попаданні на шкіру, слизові оболонки, очі, утворюються сильні хімічні опіки
--------------------------------	------------------	---	---	---	---	---	--

Використання системи штучної вентиляції передбачено для нормалізації повітря робочої зони проектом. За допомогою вікон здійснюється природний обмін повітря.

Для рівномірного повітрообміну застосовуємо змішану загальнообмінну вентиляцію. Місцева вентиляція використовується для подачі свіжого повітря до робочого місця. Для видалення забрудненого повітря з місця його утворення передбачено аерацію.

### 9.1.2 Виробниче освітлення

Використання природного, штучного та суміщеного освітлення передбачено у приміщенні цеху. До штучного відносяться: аварійне, робоче і ремонтне освітлення. За зоровими умовами роботи в цеху відносяться до розряду VIII б, відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Система штучного освітлення – комбінована, на виробництві прийняті люмінесцентні лампи типу ЛД-80 з потужністю 80 Вт, та світловим потоком – 4200 Лм. Лампи розжарювання,

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поміщених у світильник «Альфа», а також переносних світильників «Універсаль» УП-200, напругою 12 В передбачено застосування для аварійного й евакуаційного освітлення. В разі відключенні робочого освітлення передбачена система аварійного освітлення. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі робочого освітлення з автоматичним перемиканням на незалежне живлення. Нижче приведений розрахунок системи загального електричного освітлення цеху методом коефіцієнта використання світлового потоку [95].

Розрахунок потоку, необхідного для забезпечення заданої освітленості при загальному рівномірному освітленні враховуючи, що відбивається стінами та стелею проводиться за формулою (для люмінесцентних ламп) [95].:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot u \cdot m}, \quad (9.1)$$

де  $F$  – світловий потік однієї лампи, лм;

$S$  – площа приміщення,  $S = 500 \text{ м}^2$ ;  $z$  – поправочний коефіцієнт світильника,  $z = 1,1$ ;

$k$  – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості при експлуатації,  $k = 1,3$ ;

$E$  – нормована освітлюваність,  $E = 500 \text{ лм}$ ;

$n$  – кількість світильників,  $n = 80$ ;

$m$  – число люмінесцентних ламп у світильнику,  $m = 2$ .

$u$  – коефіцієнт використання, що залежить від типу світильника, показника (індексу) приміщення, відбиття і т.д.,  $u = 0,6$ ;

Таким чином, необхідний світловий потік однієї лампи:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot z \cdot k}{n \cdot u \cdot m} = \frac{500 \cdot 500 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{80 \cdot 0,6 \cdot 2} = 3724 \text{ лм.}$$

Вибір стандартної лампи та визначення її потужності проводиться згідно ГОСТ 6825-74.

Обираємо тип лампи ЛД потужністю 65 Вт, відповідно до розрахованого світлового потоку ( $F = 3724 \text{ лм}$ ), і визначимо електричну потужність всієї освітлювальної системи:

$$W = P \cdot n \cdot m, \text{ де} \quad (9.2)$$

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$P$  – Потужність однієї лампи,  $P = 65$  Вт;

$W$  – потужність освітлювальної системи, Вт.

$$W = P \cdot n \cdot t = 65 \cdot 80 \cdot 2 = 10400 \text{ Вт.}$$

1 раз на рік після ремонту освітлювальної установки освітленість контролюється за допомогою люксметра Ю-116.

### 9.1.3 Виробничий шум та вібрація

Насоси-дозатори та їх електродвигуни є основними джерелами створення шуму та вібрацій в цеху. Додатковий шум можуть створювати трубопроводи з великими швидкостями руху рідини та система вентиляції.

Рівень звуку, згідно ДСН 3.3.6.037-99, не повинен перевищувати 80 дБА. Фактичне значення складає 76 дБА, що відповідає вимогам [95]..

Для зменшення рівня шуму апарати обладнано надійними звукоізолюючими пристроями, які складаються з еластичних патрубків на всмоктуючому та напірному трубопроводах. Також в цеху підготовки сировинної суміші існують джерела, що викликають вібрацію [95]..

Відповідно до ДСН 3.3.6.039.99, допустимий рівень вібрації в приміщенні – не більше 3,1 дБ. Шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження для захисту від вібрації у відділі мінімізовано контакт працівників з віброоб'єктами. Для зменшення вібрації використовується віброізоляція, шляхом застосування спеціальних підкладок під устаткування, гумових та пружинних прокладок, , нанесення на них вібропоглинаючих мастил, гуми, бітуму [95].

### 9.1.4 Електробезпека

Проектом прийнято живлення електрообладнання від трифазної чотирипровідної мережі змінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтраллю напруги 380 / 220 В [95]. Згідно ГОСТ 12.1.038-82, для змінного струму ГДЗ напруги дотику та струму, що проходить через тіло людини, при аварійному режимі роботи електрообладнання.

$$U_{\text{дот}} = 36 \text{ В}, I_{\text{л}} = 6 \text{ мА}, \text{ при контакті більше } 1 \text{ с};$$

при нормальному режимі роботи:

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$U_{\text{дот}} = 2 \text{ В}, I_{\text{л}} = 0,3 \text{ мА}$ , при часі дії до 10 хв/добу.

Однофазний дотик більш безпечний, тому що до тіла людини прикладається лінійна напруга. Струм, який проходить через тіло людини в цьому випадку, складе [95].:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot 103}{R_{\text{л}} + R_0}, \text{ мА}, \quad (9.3)$$

Де  $R_{\text{л}} = 2..4 \text{ кОм}$  – опір тіла людини;

$R_0 = 4 \text{ Ом}$  – опір нейтралі заземлення;

$U_{\text{ф}} = 220 \text{ В}$  – фазова напруга.

$$I_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 103}{2000 + 4} = 99,8 \text{ мА}$$

Розрахуємо допустиму напругу дотику ( $U_{\text{д}}$ ):

$$U_{\text{д}} = I_{\text{л}} \cdot R_{\text{л}} \cdot 103, \text{ В}. \quad (9.4)$$

$$U_{\text{д}} = 0,0998 \cdot 2000 = 199,6 \text{ В}.$$

Розраховані значення  $I_{\text{л}}$  і  $U_{\text{д}}$  значно перевищують наведені вище

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормативні значення. Аце означає, що при порушенні вимог правил будови електрообладнання у приміщенні лабораторії можливі електротравми з тяжкими наслідками [95]. У проекті передбачено наступні технічні засоби колективного та індивідуального захисту з метою дотримання правил електробезпеки:

- ізоляція електропроводки;
- занулення;
- електрозахисні засоби (взуття персоналу на гумовій підшві, діелектричні рукавички, інструмент з ізолюючими ручками);
- попереджувальна сигналізація;
- блокування;
- попереджувальні плакати;
- знаки безпеки.

#### **9.1.5 Безпека технологічних процесів та обслуговування обладнання**

Безпека експлуатації обладнання досягається системою організаційних і технічних засобів, які забезпечують безпеку в нормальному режимі роботи апаратури та в аварійному їх стані. Тиск в мембранному блоці зворотноосмотичної установки складає 6 МПа. Тиск в технологічних трубопроводах та апаратах складає 0,6 МПа.

Продуктивність технологічної схеми по воді становить 16 м<sup>3</sup>/год. А отже, при прориві трубопроводів можливе затоплення відділу, що може призвести до короткого замикання та пожежі. В підлозі передбачено встановлення решітки з відводом води до каналізації для уникнення цієї небезпеки. Також небезпечним фактором є перелив рідини з баків, що містять розчини для хімічної очистки мембранних модулів. Розчини мають агресивне середовище, що може призвести до хімічних опіків працівників. Для уникнення цього фактору на баках встановлюють автоматичне контролювання рівня рідини та сигналізацію в разі підйому рівня вище допустимого.

#### **9.2 Пожежна безпека**

Можливими причинами пожежі в цеху можуть бути:

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- теплова дія;
- механічне пошкодження електромережі ;
- перенавантаження електрообладнання та його нагрівання.
- прямий удар блискавки в будівлю;

Протипожежними заходами передбачено:

- погодження проектів реконструкції з пожежною інспекцією;
- відкриття реконструйованих споруд лише після дозволу пожежної інспекції;
- експлуатацію споруд, обладнання і механізмів відповідно до протипожежних вимог (згідно з правилами, інструкціями тощо);
- виконання будь-яких робіт лише підготовленими, в тому числі з питань пожежної безпеки, фахівцями;
- установлення адміністративної відповідальності керівників усіх структур за неадекватне виконання необхідних протипожежних заходів;
- інструктаж працюючих на підприємстві;
- забезпечення відділень засобами пожежоохоронної сигналізації та засобами пожежогасіння;
- затвердження заходів протипожежної профілактики;
- створення відповідних структур пожежогасіння, добровільних дружин та ланок пожежогасіння [95].

Для гасіння пожежі передбачено стаціонарну систему пожежогасіння багатократною повітряно-механічною піною, водогінна мережа, змонтована у вигляді стояків [95]. Безпечність експлуатації електрообладнання досягається системою організаційних та технічних заходів і засобів. Такі як: недоступність струмоведучих частин, електрична ізоляція, занулення. У таблиці 9.3 наведено показники вибухо- та пожежонебезпечності речовин та матеріалів.

Таблиця 9.3 – Показники вибухо- та пожежонебезпечності речовин та матеріалів

Реагенти що використовують у вироб- ництві	Агрегатний стан речовини за н.у.	Показники пожежо- та вибухонебезпеки			Вогнегасні засоби	Категорія приміщення за ОНТП 24 - 86	Клас приміщення (зони) і зовнішніх установок за ПУЕ	Катего- рія об'єкту і тип зони за устр- о-єм бли- скавко- захисту згідно СН 305 - 77
		Горючість	Температура спалахування, °С	Температура самоспалахування, °С				
Машинне масло	Ріди- на	Гори- ть	220	400	Порош- ковий ПСБ і СН-2	Д	П – Па	Ша

## 10 ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

У дипломному проекті розроблено схема підготовки води очищеної. У даному розділі проаналізовані джерела відходів, що утворюються, екологічний моніторинг, можливі варіанти екологізації виробництва та розрахунок екологічних платежів за зберігання рідких відходів.

### 10.1 Аналіз джерел та розрахунок кількості відходів, що утворюються

Згідно з технологічною схемою утворюються такі рідки відходи:

- регенераційний розчин після 2-ох ступеневого Na-катіонітного фільтра;
- регенераційний розчин після промивки мембран зворотноосмотичної установки [79].

Утворюються такі тверді відходи:

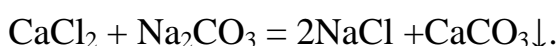
- шлами, що утворились внаслідок регенерації іонообмінних смол.

Згідно узгодженого графіку контролю з органами Державного контролю на підприємстві за стоками ведеться постійний контроль. Всі контрольовані показники стоків підприємств – у нормативних межах [79]. Стоки, після проходження станції нейтралізації, скидаються в заводську мережу каналізації з показниками, що відповідають правилам приймання стічних вод в систему міської каналізації. Фактична концентрація хлоридів в стічних водах заводу скидаючи в міську каналізацію враховуючи хлориди, стічних вод станції нейтралізації не перевищує  $80 \text{ мг/м}^3$ , а при нормативних –  $240 \text{ мг/дм}^3$  [79].

### 10.2 Можливі варіанти екологізації виробництва

Процес послідовного та поступового впровадження систем управлінських та технологічних інших рішень. Вони дозволять підвищувати ефективність використання природних ресурсів і умов поряд з покращенням або збереженням якості природного середовища [79].

Регенерація Na-катіонітових фільтрів здійснюється за допомогою 8%-го розчину  $\text{NaCl}$  [79]. Після усереднення концентрацій забруднюючих речовин (солей кальцію та натрію) здійснюється хімічна реакція за рахунок додавання кальцинованої соди у розрахунковій кількості [79]:



					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Карбонат кальцію є практично нерозчинною речовиною, тому можна вважати, що він практично повністю переходить в осад. У результаті утворюються пластівці малорозчинного карбонату кальцію, які згодом видаляються методом відстоювання [79]. Після чого розчин NaCl концентрується та іде на повторне використання, а саме для регенерації катіонітового фільтру. Більше того, за рахунок повторного використання у технологічному процесі промивних вод уникається забруднення водних об'єктів засоленими промивними водами після іонообмінних фільтрів [79].

ВО подається на другу стадію зворотного осмосу і ще раз очищується. Так як концентрат від другої стадії ЗО містить менше солі, то його можна змішати з поданого водою і тим самим повернути в систему, також повертаються назад в систему і промивні розчини для мембран після використання [79].

Шлами після процесів знесолення (іонообмінні фільтри, зворотний осмос) можуть знайти своє застосування у виробництві цементу. Шлам містить цінні компоненти (насамперед залізо), утилізація яких економічно виправдана [79].

### 10.3 Розрахунок екологічних платежів за скидання рідких відходів

Підприємство зобов'язане сплачувати державі екологічний податок у разі, якщо на підприємстві не проводять заходів щодо екологізації, не проводиться знешкодження стоків [79]. Враховуючи те, що відділення скидає лише рідкі відходи, то необхідно розрахувати відповідний податок. Суми податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти (Пс), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів скидів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою [79]:

$$П = \sum_{i=1}^n (Мл_i \cdot Нп_i \cdot К), \quad (10.1)$$

де  $Мл_i$  – обсяг скиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в тоннах;

$К$  – коефіцієнт, що дорівнює 1,5 і застосовується у разі скидання забруднюючих речовин у ставки і озера (в інших випадках коефіцієнт дорівнює 1) [79];

$Нп_i$  – ставки податку в поточному році за тонну  $i$ -того виду забруднюючої речовини у гривнях з копійками;

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На 1 м<sup>3</sup> води очищеної витрачається 0,25 кг хлориду натрію на регенерацію катіоніту та аніонату. Отже, за рік витрачається 22 т хлориду натрію. Річний обсяг скиду хлоридів становить 13,5 т. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид хлоридів становить 46,19 грн/т. [79].

На 1 м<sup>3</sup> води очищеної витрачається 0,001 м<sup>3</sup> 10%-вої сульфатної кислоти на нейтралізацію стоків. Отже, за рік витрачається 94 т розчину сульфатної кислоти. Річний обсяг скиду сульфатів становить 9,5 т. [79]. Згідно статі 245 Податкового кодексу України податок на скид сульфатів становить 46,19 грн/т, тоді сума податку, який справляється за скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти обчислюється:

$$P_c = \sum_{i=1}^n (13,5 \cdot 46,19 \cdot 1 + 9,5 \cdot 46,19 \cdot 1) = 1\,062,37 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Таким чином, проаналізувавши проблеми екологічного характеру, що виникають під час впровадженні схеми знесолення води, підібрано методи вирішення цих проблем. Величина екологічного податку складає 1 062,37 грн/добу. З огляду на генерування твердих відходів, система підготовки води очищеної є маловідходним виробництвом. Тому складування твердих осадів для подальшого використання у будівництві здається цілком логічним.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

В дипломному проекті було проведено аналіз існуючих методів підготовки води очищеної, а також проаналізовано галузі її застосування. Після вивчення переваг та недоліків всіх методів, було обрано в якості головного апарату зворотній осмос. Враховуючи особливості обраного методу, була запропонована схема виробництва води очищеної.

Визначено характеристику продукції та вихідної сировини, а також допоміжного матеріалу. Зазначено необхідну якість сировини та продукції згідно нормативних документів.

На підставі приведених теоретичних основ і згідно з завданням дипломного проекту було розроблено відділення виробництва води очищеної для фармакологічних потреб продуктивністю 16 м<sup>3</sup>/год. Було розраховано матеріальний баланс двоступеневої зворотноосматичної установки по загальному солевмісту, концентрату після першої та другої ступені зворотного осмосу та витрати перміату. Також були визначені основні витратні коефіцієнти сировини та матеріалів для виготовлення води очищеної. Визначено витратний коефіцієнт питної води на промивку механічних фільтрів  $\beta_{\text{в.п.2}} = 13 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , витратний коефіцієнт питної води для розведення стоків після хімічної промивки мембран  $\beta_{\text{в.п.4}} = 0,0048 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

В дипломному проекті представлено схему автоматизації процесу отримання води глибоко знесоленої контроль витрати рідини при надходженні води у схему, контроль рівня рідини в баках пом'якшеної та очищеної води, контроль рН в трубопроводі; контроль перепаду тиску у всіх УЗО для попередження їх забиття, контроль концентрації розчину концентрату регулювання витрати рідини при надходженні води у схему, контроль витрати води на виході з технологічної схеми,.

Проведено економіко-організаційні розрахунки для виробництва води очищеної. Проаналізувавши технікоеконімічні показники даного відділення, можна сказати, що воно є рентабельним, та період повернення

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

капіталовкладення становить 3,4 роки.

Було розглянуто економічні проблеми при виробництві води очищеної, а також запропоновано шляхи вирішення цих проблем. Проаналізовано шляхи безпечного ведення процесу, розроблено рекомендації по безпечному проведенню процесу.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						98
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. S. Chittoor Jhansi, S. Kumar Mishra, Wastewater treatment and reuse: sustainability options, Cons. J. Sustain. Dev. 10 (2013) 1–15.
2. W. Jiao, S. Luo, Z. He, Y. Liu, Applications of high gravity technologies for wastewater treatment: a review, Chem. Eng. J. 313 (2017) 912–927, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.10.125>.
3. A.M.A. Pintor, V.J.P. Vilar, C.M.S. Botelho, R.A.R. Boaventura, Oil and grease removal from wastewaters: sorption treatment as an alternative to state-of-the-art technologies. A critical review, Chem. Eng. J. 297 (2016) 229–255, <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2016.03.121>.
4. K. Hayat, S. Menhas, J. Bundschuh, H.J. Chaudhary, Microbial biotechnology as an emerging industrial wastewater treatment process for arsenic mitigation: a critical review, J. Clean. Prod. 151 (2017) 427–438, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.084>.
5. X. Zheng, Z. Zhang, D. Yu, X. Chen, R. Cheng, S. Min, et al., Overview of membrane technology applications for industrial wastewater treatment in China to increase water supply, Resour. Conserv. Recycl. 105 (2015) 1–10, <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.09.012>.
6. С.А. Валевко, Материалы научно-практического семинара “Система контроля качества лекарственных препаратов в стратегии GMP”, Москва (2000), сс. 9-10.
7. С.А. Валевко, Сб. докладов 10-ой конф. АСИНКОМ, Москва (2000), сс. 3-4.
8. С.А. Валевко, Л.Ф. Соколова, В.В. Карчевская, Сб. докладов 7-ой конф. АСИНКОМ, Москва (1997), сс. 139-145.
9. В.А. Михайленко, Ремедиум, №11, 46-47 (2001).
10. А.Е. Приходько, С.А. Валевко, Материалы 8-ого российского национального конгресса «Человек и лекарство», Москва (2001), сс. 721-722.
11. А.Е. Приходько, Е.М. Крупина, Сб. 4-ой научно-практической конф. молодых ученых и специалистов, посвященной памяти М.Т. Алюшина

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

“Современные проблемы

фармации”, Москва (1999), сс.193-201.

12. А.Е. Приходько, Г.В. Долгова, Неугодова Н.П., Материалы обучающего семинара «Биологические методы контроля качества лекарственных средств. Правила GLP и некоторые аспекты проведения доклинических испытаний», Москва (2002), сс. 83-84.

13. С.А. Валевко, Сб. докладов 6-ой конф. АСИНКОМ, Киев (1996), сс. 30-31.

14. С.А. Валевко, Чистые помещения, АСИНКОМ, Москва (1998), сс. 256-273.

15. В. Трампедях, Медицинский бизнес, №11 (77), 17-20 (2000).

16. D.H. Artiss, J. Parent. Drug Association, 32 (2), 89-95 (1978).

17. Государственная Фармакопея СССР XI, Вып.1, Медицина, Москва (1989).

18. Государственная Фармакопея СССР XI, Вып.2, Медицина, Москва (1990).

19. ФС 42-2619-97 «Вода очищенная».

20. ФС 42-2620-97 «Вода для инъекций».

21. ФС 42-213-96 «Вода для инъекций в ампулах».

22. ФС 42-2998-99 «Вода для инъекций во флаконах».

23. С.А. Валевко, А.Е. Приходько, Материалы обучающего семинара «Современные требования к организации и деятельности контрольно-аналитических лабораторий отделов контроля качества фармацевтических предприятий», Москва (2002), с. 95.

24. «Приготовление, хранение и распределение воды очищенной и воды для инъекций»,

МУ-78-113, Москва (1998).

25. K. Haberer, Pharm. Ind., 62 (6), 459-463 (2000).

26. J. Schidt-Nawrot, P. Muller, Pharm. Ind., 62 (6), 464-468 (2000).

27. European Pharmacopoeia, IV-th Ed., supplement 4.2., Strasbourg (2002).

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28. United States Pharmacopoeia XXV-th Ed., Rockville (2002)
29. Note for guidance on quality of water for pharmaceutical use, The European Agency for the Evaluation of medical products (2001).
30. PDA letter, 35 (2), 11 (1999).
31. А.Е. Приходько, Материалы международной конф. студентов и аспирантов по фундаментальным наукам “Ломоносов-2000”, МГУ, Москва (2000), сс. 500-501.
32. Osmonics “Pure Water” Handbook, Second Ed., Osmonics Inc. (1997, 1991), p. 3-142.
33. Baseline Pharmaceutical Engineering Guide, Vol.4 “Water and Steam guide”, First Ed., ISPI (1997).
34. W.V. Collentro, Pharmaceutical Water. System Design, Operation and Validation, Interpharm Press, Inc., Buffalo Grove, Illinois (1999), pp. 17, 49, 133, 181, 235, 271.
35. С.В. Костюченко, С.В. Волков, А.В. Якименко и др., Водоснабжение и санитарная техника, №2, 9-12 (2000).
36. B.L. Coulter and D.J. Thomas, J. Parent. Sci. Technol., 40 (4), 122-134 (1986).
37. S.T Dara, J. Validation Technol., 5 (2), 110-117 (1999).
38. «Методические указания по внедрению и применению Санитарных правил и норм СанПиН 2.1.4.559-96 “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества”», МУ 2.1.4.682-97, Москва (1997).
39. “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества”, СанПиН 2.1.4.559-96, Москва (1996).
40. J.D. Benedictus, J. Parent. Drug Association, 32 (1), 26-32 (1978).
41. D.R. Keer, Ultrapure Water, July-August, 40-44 (1993).
42. S.T. Dara, J. Validation Technol., 3 (4), 49-58 (1999).
43. S.T. Dara, J. Validation Technol., 4 (1), 62-102 (1999).

44. I.L.Riera, R.S.Macian and J.M Sune Negre, J. Validation Technol., 6 (1), 454-473 (1999).
45. A.K. Wietnauer, Ultrapure Water, April, 26-29 (1996).
46. Guide to inspections of High Purity Water System, PDA (1993).
47. W.V. Collentro, Pharm. Technol. Europe, 7 (1), 39-47 (1995).
48. М.Т. Алюшин (ред.), Современные аспекты технологии и контроля качества стерильных растворов в аптеках, Вып.1, Часть 2, Москва (1991), сс. 11-17.
49. T.E. Ransdell, J. Validation Technol., 4 (4), 270-275 (1998).
50. A. Burkli, N.J Buser and A. Riester, Swiss Pharma, 21 (9), 16-22 (1999).
51. G. C. Ganzi and P.L. Parise, J. Parent. Sci. Technol., 44 (4), 231-241 (1990).
52. P. Precious and J.M. Hutcheson, European Pharm. Review, 37-41 (1999).
53. A. Pfaffin, Pharm. Ind., 62 (3), 223-230 (2000).
54. H.C. Kuhlman, J. Parent. Sci. Technol., 35 (2), 54-59 (1981).
55. Reverse osmosis, Chemical Engineering, 11, 65-77 (1984).
56. А.А Пантелеев, Т.Л. Ломая, Медицинский бизнес, №6-7, 34-35 (2001).
57. С.М Элленгорн, Медицинский бизнес, №6-7, 37 (2001).
58. PDA Fourth International Congress, Exhibition & Workshops, Vienna, 255-266 (1996).
59. PDA letter, 35 (11), 30-31 (1999).
60. Требования к «Воде очищенной» Российской (ФС 2.2.0020.15) Европейской (EP 8.0 изд. 2014) фармакопей URL: <http://www.mediana-filter.ru/st1.html>
61. P.S. Goh, A.F. Ismail, Review: is interplay between nanomaterial and membrane technology the way forward for desalination? J. Chem. Technol. Biotechnol. 90 (2015) 971–980, <http://dx.doi.org/10.1002/jctb.4531>.
62. J.Yin,B.Deng,Polymer-matrix nanocompositemembranesforwatertreatment,J. Membr. Sci. 479 (2015) 256–275, <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2014.11.019>.
63. K.P. Lee, T.C. Arnot, D. Mattia, A review of reverse osmosis membrane materials for desalination—development to date and future potential, J. Membr. Sci. 370 (2011) 1–22, <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2010.12.036>.

64. Y. Zhu, D. Wang, L. Jiang, J. Jin, Recent progress in developing advanced membranes for emulsified oil/water separation, NPG Asia Mater. 6 (2014) 1–11, <http://dx.doi.org/10.1038/am.2014.23>.
65. G. Mustafa, K. Wyns, A. Buekenhoudt, V. Meynen, Antifouling grafting of ceramic membranes validated in a variety of challenging wastewaters, Water Res. 104 (2016) 242–253, <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2016.07.057>.
66. C. Ren, H. Fang, J. Gu, L. Winnubst, C. Chen, Preparation and characterization of hydrophobic alumina planar membranes for water desalination, J. Eur. Ceram. Soc. 35 (2015) 723–730, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2014.07.012>.
67. C. Yacou, S. Smart, J.C. Diniz da Costa, Mesoporous TiO<sub>2</sub> based membranes for water desalination and brine processing, Sep. Purif. Technol. 147(2015) 166–171, <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2015.04.028>.
68. M. Drobek, C. Yacou, J. Motuzas, A. Julbe, L. Ding, J.C. Diniz da Costa, Long term pervaporation desalination of tubular MFI zeolite membranes, J. Membr. Sci. 415–416 (2012) 816–823, <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2012.05.074>.
69. C. Xu, X. Lu, Z. Wang, Effects of sodium ions on the separation performance of pure-silica MFI zeolite membranes, J. Membr. Sci. 524 (2017) 124–131, <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2016.11.014>.
70. P. Swenson, B. Tanchuk, A. Gupta, W. An, S.M. Kuznicki, Pervaporative desalination of water using natural zeolite membranes, Desalination 285 (2012) 68–72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2011.09.035>.
71. B. Zhu, Z. Hong, N. Milne, C.M. Doherty, L. Zou, Y.S. Lin, et al., Desalination of seawater ion complexes by MFI-type zeolite membranes: temperature and long term stability, J. Membr. Sci. 453 (2014) 126–135, <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2013.10.071>.
72. C. Zhou, J. Zhou, A. Huang, Seeding-free synthesis of zeolite FAU membrane for seawater desalination by pervaporation, Microporous Mesoporous Mater. 234 (2016) 377–383, <http://dx.doi.org/10.1016/j.micromeso.2016.07.050>.

73. A. Aqel, K.M.M.A. El-Nour, R.A.A. Ammar, A. Al-Warthan, Carbon nanotubes, science and technology part (I) structure, synthesis and characterisation, Arab. J. Chem. 5 (2012) 1–23, <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.08.022>.

74. K.A. Shah, B.A. Tali, Synthesis of carbon nanotubes by catalytic chemical vapourdeposition: a review on carbon sources, catalysts and substrates, Mater. Sci. Semicond. Process. 41 (2016) 67–82, <http://dx.doi.org/10.1016/j.msssp.2015.08.013>.

75. W.-W. Liu, S.-P. Chai, A.R. Mohamed, U. Hashim, Synthesis and characterization of graphene and carbon nanotubes: a review on the past and recent developments, J. Ind. Eng. Chem. 20 (2014) 1171–1185, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jiec.2013.08.028>.

76. Моделювання процесів мембранного розділення: практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузе машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С.В. Гулієнко. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,27 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 56 стр.

77. Серія видань «Світ сучасної водопідготовки». Методи та матеріали. За редакцією д.т.н. Мітченко Т.Є. – Видавець ВУВТ WATERNET: Київ, 2019

78. Мембрани зворотного осмосу Filmtec URL: <http://filter-ua.com.ua/membrany-obratnogo-osmosa-promyshlennye-filmtec/membrana-ecosoft-4-ulp4040/>

79. Профи Винс [Електронний ресурс]: Бухгалтерское сопровождение, ведение фирм от А до Я : Екологічний податок – Режим доступу : <http://www.profiwins.com.ua/uk/legislation/kodeks/1357.html>, вільний. – Загол. з екрана. – Мова рос.

80. Ультрафіолетове знезараження води. Акваполімер. URL: <https://aquapolymer.com.ua/blog/ultrafioletove-znezarazhennya-vody-shho-varto-znaty/>

81. Знезалінення води. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

82. Світ сучасної водопідготовки. д.н.т. Мітченко Т. Є., к.н.т. Пономарьов В. Л., к.н.т Макарова Н.В.

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



83. 365 Store. Фільтр самопромивний ICMA 1 1/4" №751 з манометром URL: <https://365store.com.ua/filtr-samopromivniy-icma-1-1-4-751-z-manometrom/>
84. Реагентні методи знезалізнання. Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка URL: <https://studfile.net/preview/5725871/page:13/>
85. Державна Фармакопея України. Перше видання. Лікарські засоби. СТ-Н МОЗУ 42-3.7:2013. Додаток 3. URL: <https://gmpua.com/World/Ukraine/nastanova42372013.pdf>
86. ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ НОРМИ ТА ПРАВИЛА "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) URL: <file:///C:/Users/Man/Downloads/%D0%94%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%9F%D1%96%D0%9D+2.2.4-171-10.pdf>
87. Вода питна. Вимоги та методи контролю якості. ДСТУ 7525:2014 URL: [file:///C:/Users/Man/Downloads/dstu\\_75252014\\_voda\\_pitna\\_vimogi\\_ta\\_metodi kontroliuvannia\\_ia.pdf](file:///C:/Users/Man/Downloads/dstu_75252014_voda_pitna_vimogi_ta_metodi_kontroliuvannia_ia.pdf)
88. Ecosoft. ИОНООБМЕННАЯ СМОЛА DOWEX MARATHON C 25 Л URL: <https://ecosoft.ua/filtruyushchiy-material-dowex-marathon-c/>
89. Загрузка для обезжелезивания. Birm- обезжелезивание воды. URL: <http://filter-ua.com.ua/zagruzki-dlya-obezzhelezivaniya/birm--obezzhelezivanie-vody/>
90. УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ОБЕЗЗАРАЖИВАТЕЛЬ ВОДЫ ECOSOFT E-360 URL: <https://ecosoft.ua/ultrafioletovyy-obezzarazhivatel-vody-ecosoft-e-360/>
91. Prom-nasos. Керамическая мембрана CRM3019-500nm URL: [https://prom-nasos.pro/catalog/inzhiniring/filtratsionnye\\_ustanovki/ultrafiltratsiya/keramicheskaya\\_membrana\\_crm3019\\_500nm/?gclid=Cj0KCQjwwr32BRD4ARIsAAJNf\\_2U0CMfd\\_zPSngWF8WnjprxHZXvcCikAFjbbvymZoMxA23My2\\_bNk3EaAqInEALw\\_wcB](https://prom-nasos.pro/catalog/inzhiniring/filtratsionnye_ustanovki/ultrafiltratsiya/keramicheskaya_membrana_crm3019_500nm/?gclid=Cj0KCQjwwr32BRD4ARIsAAJNf_2U0CMfd_zPSngWF8WnjprxHZXvcCikAFjbbvymZoMxA23My2_bNk3EaAqInEALw_wcB)
92. Fouling and regeneration of ceramic membranes used in recovering titanium silicalite-1 catalysts. Zhaoxiang Zhong, Weihong Xing \*, Xin Liu, Wanqin Jin, Nanping Xu Membrane Science and Technology Research Center, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, PR China.
93. Катионирование. Тамбовский Государственный Технический Университет. URL: <https://studfile.net/preview/4085331/page:11/>
94. Емкости с мешалками URL: <http://baki.spb.ru/meshalki>

					ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		105

95. Макаров, Г. В. Охорона праці в хімічній промисловості [Текст] / Г. В. Макаров, А. Я. Васин, Л. К. Мариніна. – М.: Хімія, 1989. – 497 с.

96. Монокль. Посадові інструкції. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://www.borovik.com/index\\_instruction.php?Gins=dyim&lang\\_i=1](https://www.borovik.com/index_instruction.php?Gins=dyim&lang_i=1) вільний

97. Підлісна, О.А. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломних проектів для студ. хіміко-технологічних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: О.А. Підлісна, В.В. Янковий, М.П. Дорошенко. – К.: ІВЦ Видавництво „Політехніка”, 2002. – 28 с. – Бібліогр. с. 25-27. – 300 пр.

					<i>ДП ХН 6101 1440 000 ПЗ</i>	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфікація устаткування, виробів і матеріалів

Додаток А

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва та характеристика	Тип моделі	Кількість	Завод-виробник
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>УСТАТКУВАННЯ та ПРИЛАДИ</b>								
1-1	Витрата	Вода, трубопровід	25 м <sup>3</sup> /год	Трубопровід 28	Діафрагма стандартна камерна, $P_y = 0,6$ МПа; $D_{тр} = 75$ мм	ДКС 0,6-75	1	ВАТ «Пром-прилад», м. Івано-Франківськ
1-2	Витрата	Вода, трубопровід	25 м <sup>3</sup> /год	Місцевий	Дифманометр безшкальний із квадратичною функцією перетворення; $\Delta P_{max} = 40$ кПа; клас точності 1; $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа	13Д Д11 (мод. 720)	1	ВО «Теплоприбор», м. Рязань
1-3	Витрата	Вода, трубопровід	25 м <sup>3</sup> /год	Щит керування	Прилад вторинний пневматичний показувальний реєструвальний, зі станцією керування (система СТАРТ); граничнодопустима основна зведена похибка 0,5 %; $P_{жив} = 0,14$ МПа, витрата повітря живлення – 6,5 л/хв, $P_{вх} = 20 \dots 100$ кПа	ФК0071	1	АТ «ТИЗ-ПРИБОР», м. Москва
1-5, 6-6	Витрата	Вода, трубопровід	25 м <sup>3</sup> /год	Трубопровід 28	Механізм виконавчий пневматичний прямої дії з позиціонером ПП-1.25 і боковим дублером; $P_{живл} = 0,25$ МПа	МИМП ППХ 05	2	ВАТ «Прикарпат-промарматура», м. Івано-Франківськ

## Продовження додатку А

1-6, 6-5	Витрата	Вода, трубопро- від	25 м <sup>3</sup> /год	Щит керування	Перетворювач електропневматичний, $I_{вх} = 0 \dots 5$ мА, $P_{вих} = 20 \dots 100$ кПа; граничнодопустима основна похибка $\pm 0,5$ ; $P_{жив} = 140$ кПа; діапазон робочих температур $(-30) \dots 50$ °С	МТМ 810	2	ТОВ НВП «Мікротерм», м. Сіверодонець к
6-1	рН	Пом'якше на вода разом з розчинами гіпосульфиту натрію та гідроксиду натрію	8... 9	Місцевий	Чутливий елемент рН-метра магістрального виконання з електродами скляними ЭСП-31-06 і регулятором тиску РДС- 1	ДМ- 5М		«Гомельск ий завод измерительны х приборов», м. Гомель
6-2	рН	Пом'якше на вода разом з розчинами гіпосульфиту натрію та гідроксиду натрію	8... 9	Щит керування	Перетворювач високоомний ( для $R_4 \geq 200$ Ом); клас точності 1; $I_{вих} = 0 \dots 5$ ; цифрова індикація результатів; пристрій зв'язку з комп'ютером	П- 215 М	1	«Гомельск ий завод измерительны х приборов», м. Гомель
6-3	рН	Пом'якше на вода разом з розчинами гіпосульфиту натрію та гідроксиду натрію	8... 9	Щит керування	Автоматичний показувальний і реєс- трувальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом на діаграмній стрічці; вхідні сигнали: $0 \dots 100$ мВ, $0 \dots 20$ мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – $A, B, K, L, S$ , опору – 50П, 100П, 50М, 100М; інтерфейс RS-232; доп. осн. похибка показань 0,2 %, реєстрації 1 %	РМТ -49Д	1	НПП «ЭЛЕМЕР», сел. Менделеево Московськ ої області

## Продовження додатку А

6-4	pH	Пом'якш ена вода разом з розчинами гіпосульфиту натрію та гідроксиду натрію	8...9	Щит керування	Блок регулювальний електричний (комплекс АКЕЗР-2), пропорційно-ін- тегральний, <b>вхідні сигнали:</b> <i>аналогові:</i> 0...200 Ом (ТО – 2 входи), 0...50 мВ (ТП – 1 вхід), 0...5 мА (1 вхід), <i>дискретні:</i> 0 і 24 В (2 входи); I <sub>вих</sub> = 0...5 мА	РП4-Т	1	ВО «Электроприбор», м. Чебоксари
6-5	pH	Пом'якш ена вода разом з розчинами гіпосульфиту натрію та гідроксиду натрію	8...9	Щит керування	Модуль керування дозатором Живлення від мережі змінного струму частотою 50 Гц: напруга – 220; споживана потужність, не більше 100 Вт	МУ-1	1	НПК «Союзцветметавтома тика» м. Кривий Ріг
3-1 4-1 8-1 12-1 13-1 14-1 18-1	Рівень	Бак з розчином гіпосульфита натрію 5%; Бак з розчином гідроксиду натрію; Бак з діоксаном; Бак з	3,5 м	Місцевий	Рівнемір буйковий, з діапазоном вимірювання 0...4 м та класом точності 1,5, I <sub>вих</sub> =0...5 м	УБ--Е	7	ВО «Теплоприбор», м. Рязань

## Продовження додатку А

3-2 4-2 8-2 12-2 13-2 14-2 18-2	Рівень	Бак з розчином гіпосульфїта натрію 5%; Бак з розчином гідроксиду натрію; Бак з діоксаном; Бак з	3,5 м	Щит керування	Вторинний показувальний і реєструвальний прилад, $I_{вх} = 0 \dots 5$ мА; $4 \dots 20$ мА; $U_{вх} = 0 \dots 100$ мВ	РМТ-39D/1	7	АПП «Элемер», с. Менделеево Московская обл.
2-1 15-1	Рівень	Бак з концентратом після ЗО Бак пом'якшеною водою Бак з очищеною водою	4 м	Апарат 1	Первинний перетворювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н»; $T_{сер} = 40 \dots 80$ °С, граничнодопустима основна похибка $\pm 1,5$ %	АП-91	2	ТОВ «Старорус-прибор», м. Стара Руса
2-2 15-2	Рівень	Бак з концентратом після ЗО	4 м	Місцевий	Проміжний вимірювач акустичного рівнеміра «ЭХО-5Н»; $I_{вих} = 0 \dots 5$ мА; $4 \dots 20$ мА	ППИ-5Н	2	ТОВ «Старорус-прибор», м. Стара Руса

		Бак пом'якшено ю водою Бак з очищеною водою						
--	--	--	--	--	--	--	--	--

2-3 15-3	Рівень	Бак з концентрато м після ЗО	4 м	Щит керуванн я	Вторинний показувальний і реєструвальний прилад з вбудованим пристроєм сигналізації, $I_{BX}=4\ldots 20$ мА, $U_{BX}=0\ldots 100$ мВ	РМТ- 39D/1	2	НПП «Элемер» с. Менделєєва Московська обл.
		Бак пом'якшено ю водою Бак з очищеною водою						

## ЕЛЕКТРОАПАРАТИ

SB1 SB2 SB3 SB4		Насоси М – 1 УФ лампа		Щит керування	Пост керування кнопочий, кількість елементів управління – 2; номінальна напруга ізо- ляції (за змінного струму часто- тою 50/60 Гц) 660 В, номіналь- ний тепловий струм 10 А; тем- пература довкілля від (- 40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів	ПКУ 15- 21-131- УЗ	2	ЗАТ «Променерго- автоматика», м. Київ
SA1 SA2					Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50...60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм –10 А	КМЕ- 5111 УЗ	2	ТОВ «Кам’янець- Подільський електромеханічний завод», м. Кам’янець- Подільський
МП1 МП2				Місцевий	Пускач магнітний безконтактний нереверсивний, I=160 А, робоча напруга 220...380 В, потужність 45 кВт	ПМ- 12160210 УЧВ	2	ВО «Електро- прибор», м. Чебоксари



## Продовження додатку А

HL3 HL10				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив}=220\text{ В}$ , 50/60 Гц, $d = 27\text{ мм}$ , сила світла 20 мКд	СКЛ- 11-3-2- 220	2	ВАТ «Кашинский завод электро- аппаратуры», м. Москва
HL4 HL11				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна з червоним індикатором («СТОП»), $U_{жив}=220\text{ В}$ , 50/60 Гц, $d = 27\text{ мм}$ , сила світла 20 мКд	СКЛ- 11-К-2- 220	2	ВАТ «Кашинский завод электро- аппаратуры», м. Москва
HL1 HL2 HL5 HL6 HL7 HL8 HL9 HL12					Лампа сигнальна світлодіодна з жовтим індикатором, $U_{жив}=220\text{ В}$ , 50/60 Гц, $d = 27\text{ мм}$ , сила світла 20 мКд	СКЛ- 11-К-2-220	8	ВАТ «Кашинский завод электро- аппаратуры», м. Москва

формат		Позиція	Позначення	Найменування	к-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
	A1		ДП ХН6101.1440.001ТК	Технологічна схема	1	
		1		<u>Складальні одиниці</u>		
		1		Бак-накопичувач води питної	1	
		2		Механічний фільтр	1	
		3		Теплообмінник	1	
		4		Насос	5	
		5		Фільтр знезалізнення	1	
		7		Катіонітовий фільтр	2	
		28		Аніонітовий фільтр	2	
		12		Бак пом'якшеної води	1	
		10		Бак NaCl 8%	1	
		13		Бак Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5%	1	
		15		Рукавний фільтр	1	
		12		Бак відпрацьованих розчинів	2	
		17		Мембрана керамічна	2	
		18		ЗО мембрана	2	
		25		УФ лампи	2	
		23		Бак води очищеної	1	
		24		Бак з антискалантом	1	
		22		Бак-накопич. концентрату	2	
		21		Бак NaOH	2	

					ХН 61011440 001					
Вик.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат						
		Алексик А.І.			Відділення підготовки води очищеної для фармакологічних потреб			Літ	Арк.	Аркушів
		Янушевська О.І.								1
		Н. Феденко Ю.М.								
Затверд.		Толстопалова Н.М.						НТУУ «КПІ», ХТФ, гр. ХН-		

[illegible]